

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL - PPGEC

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO E CONSUMO DE ENERGIA
DE RESIDÊNCIAS NA CIDADE DE MANAUS**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

KELLY CRISTINA GONÇALVES LOUREIRO

Florianópolis - SC

2003

LOUREIRO, Kelly Cristina Gonçalves. *Análise de desempenho térmico e consumo de energia de residências na cidade de Manaus*. Florianópolis, 2003. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Roberto Lamberts

Defesa: 27/02/03

Análise das reais condições térmicas de edificações residenciais localizadas em Manaus, onde o clima é quente e úmido, com temperaturas elevadas durante todo o ano, baixas frequências de ventos e alta umidade relativa do ar. Estas variáveis foram plotadas na carta bioclimática de Givoni e como resultados foram obtidas as estratégias de ventilação natural, ar condicionado e sombreamento. Para avaliar o uso destas estratégias foram realizados estudos de caso em quatro residências, baseados em medições horárias de temperatura e umidade internas. Estes dados foram analisados através de gráficos de distribuição e através das horas em desconforto de cada residência e do desvio médio das temperaturas. Paralelamente, foram investigados dados de conforto e de preferência térmica e também do consumo de energia elétrica de duas destas residências. A análise dos desempenhos térmicos nas residências mostrou a necessidade de adequação da arquitetura local às reais condições climáticas da cidade, de maneira a atenuar o desconforto térmico e favorecer a eficiência na utilização da energia elétrica.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO E CONSUMO DE ENERGIA
DE RESIDÊNCIAS NA CIDADE DE MANAUS**

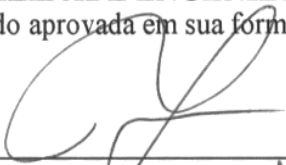
KELLY CRISTINA GONÇALVES LOUREIRO

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

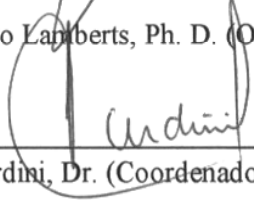
MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA CIVIL

sendo aprovada em sua forma final.



Prof. Roberto Lamberts, Ph. D. (Orientador)



Prof. Jucilei Cordini, Dr. (Coordenador do PPGEC)

BANCA EXAMINADORA



Prof. Ricardo Rüther, Ph. D.



Prof. Enedir Ghisi, Ph. D.



Prof. Mauricio Roriz, Dr.



À minha mãe e amiga, uma grande mulher
que deixou saudades, mas que nunca estará
distante e jamais me deixará só.

“... Mas, a saudade faz bem ao coração.
Valoriza os sentimentos, acende as esperanças
e apaga as distâncias. Quem tem um amigo,
mesmo que um só, não importa onde se
encontre, jamais sofrerá de solidão; poderá
morrer de saudades, mas não estará só”.

(Amyr Klink)

Agradecimentos

Aos meus pais, **Lucas e Benedita** e irmão **Jander**, que sempre apostaram na minha vontade e sede de aprender, com muita dedicação, incentivo, compreensão e amor.

Aos meus tios, **Constância, Aldamir, Paulo e Francisca**, pelo apoio sentimental e financeiro, incentivo e amor.

Ao meu marido **Fabiano Dencker**, por toda compreensão, paciência, companheirismo e amor em todos os momentos.

À **Deus**, que tudo permite.

A elaboração desta dissertação não seria possível sem a colaboração relevante das seguintes pessoas e entidades:

- Professor e orientador Roberto Lamberts, por sua orientação incentivadora.
- Doutorandas Ana Lígia Papst de Abreu e Alexandra Maciel, por suas inúmeras explicações, incentivo, material, companheirismo e alto astral.
- Colegas e amigos do LabEEE e do mestrado, por todo incentivo, troca de conhecimentos, amizade e companheirismo nas horas mais difíceis.
- Famílias Abreu, Lins, Guerreiro Mendes, Oliveira e Silva Sotero, que permitiram as pesquisas em suas residências e me cederam um pouco de sua privacidade.
- CAPES e CNPq, que me propiciaram bolsas de pesquisa.
- Serviço Regional de Proteção ao Voo de Manaus, por terem cedido os dados meteorológicos da cidade e por todas as explicações técnicas.
- Manaus Energia, por ter cedido os dados de consumo de energia da cidade.
- LabCon/UFSC, pelo empréstimo dos equipamentos para medição de umidade relativa do ar.
- Professor José Bonetti, da ULBRA/Manaus, por ter despertado o interesse em pesquisar o conforto térmico na cidade de Manaus.
- Aos professores Ricardo Ruther (UFSC), Mauricio Roriz (UFSCar), Saulo Güths (UFSC) e ao pesquisador Enedir Ghisi (UFSC), por terem aceitado participar da banca examinadora.
- Aos amigos, que apesar da distância, me ajudaram e muitas vezes sem sabê-lo.

... enfim, nasceu minha dissertação!

“Tudo quanto te vier à mão para fazer, faze-o conforme as tuas forças; porque no além, para onde tu vais, não há obra, nem projeto, nem conhecimento, nem sabedoria alguma”.
(Eclesiastes 9:10)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XIII
LISTA DE GRÁFICOS	XIV
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	XVII
RESUMO	XVIII
ABSTRACT.....	XIX
1 - INTRODUÇÃO.....	2
1.1 - Os efeitos da urbanização no conforto térmico e no consumo de energia da cidade de Manaus	2
1.2 - Objetivos.....	6
1.2.1 - Gerais.....	6
1.2.2 - Específicos	6
1.3 – Estrutura da dissertação.....	6
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 – Características climáticas e localização da cidade de Manaus	9
2.2 - Arquitetura Bioclimática.....	13
2.3. – Estratégias bioclimáticas para a cidade de Manaus - clima quente e úmido.....	15
2.4 - Conforto térmico, adaptação e/ou tolerância em clima quente e úmido....	20
2.5 - Consumo de energia no setor residencial na cidade de Manaus.....	22
3 - METODOLOGIA UTILIZADA.....	27
3.1 – Introdução	27
3.2 – Carta bioclimática para Manaus	27
3.2.1 – Dados utilizados	27
3.2.2 – Tratamento dos dados coletados	27

3.3- Metodologia para o estudo de caso	29
3.3.1 - Coleta dos dados de TBS e UR - Desempenho térmico.....	29
3.3.1.3 - Procedimentos utilizados para a coleta de dados.....	31
3.3.1.4 - Tratamento dos dados coletados.....	33
3.3.2- Coleta de dados - Macroclima da cidade.....	34
3.3.2.1 - Procedimentos utilizados para coleta de dados.....	34
3.3.2.2 - Tratamento dos dados coletados.....	35
3.3.3 - Coleta de dados - Sensações e preferências térmicas.....	35
3.3.3.1 - Procedimentos utilizados para coleta de dados.....	35
3.3.3.2 - Tratamento dos dados coletados.....	36
3.3.4 - Coleta de dados - Consumo mensal de energia elétrica, posse e hábitos de consumo (Residência 01 e Residência 02).	36
3.3.4.1 - Equipamentos utilizados	37
3.3.4.2 - Procedimentos utilizados para coleta de dados.....	37
3.3.4.3 - Tratamento dos dados coletados.....	38
 4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS	42
4.1 - Introdução	42
4.2 - Estratégias bioclimáticas para Manaus	43
4.2.1 - Ano climático de referência (TRY) e carta bioclimática para Manaus	43
4.2.2 - Caracterização climática do período analisado e comparação com o TRY.....	47
4.2.3 - Análise bioclimática do período em estudo.....	50
4.3 - Estudo de caso - Desempenho térmico	51
4.3.1 - Localização das residências escolhidas na malha urbana da cidade	51
4.3.2 - Caracterização da residência 01.....	53
4.3.2.1 - Desempenho térmico.....	55
4.3.2.2 - Horas em desconforto e desvio médio das temperaturas	65
4.3.3 - Caracterização da residência 02.....	66

4.3.3.1 – Desempenho térmico.....	68
4.3.3.2 – Horas em desconforto e desvio médio das temperaturas	77
4.3.4 – Caracterização da residência 03.....	79
4.3.4.1 – Desempenho térmico.....	81
4.3.4.2 – Horas em desconforto e desvio médio das temperaturas	90
4.3.5 – Caracterização da residência 04.....	91
4.3.5.1 – Desempenho térmico.....	93
4.3.5.2 – Horas em desconforto e desvio médio das temperaturas	101
4.3.6 – Umidade relativa.....	102
4.3.7 – Análise do desempenho térmico das quatro residências monitoradas	104
4.3.8 – Análise das horas em desconforto e desvio médio das temperaturas das quatro residências monitoradas.....	106
4.4 – Estudo de caso – Sensações e preferências térmicas	108
4.5 – Estudo de caso - Consumo de energia elétrica	110
4.5.1 – Análise do consumo da residência 01.....	110
4.5.2 – Análise do consumo da residência 02.....	113
5 – CONCLUSÕES	117
5.1 – Estudo de caso – desempenho térmico	117
5.2 – Estudo de caso – horas de desconforto e desvio médio das temperaturas.....	120
5.3 – Estudo de caso – sensações e preferências térmicas (questionários)	121
5.4 – Estudo de caso - consumo de energia	122
5.3 – Sugestões para trabalhos futuros.....	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
 ANEXO A – BALANÇO DE ENERGIA ELÉTRICA DA CIDADE DE MANAUS (2000/2001).	 130
APÊNDICE A – “DIÁRIO CLIMÁTICO”	131

APÊNDICE B - MODELO DE QUESTIONÁRIO PARA DADOS DE CONFORTO	133
APÊNDICE C - MODELO DE QUESTIONÁRIO PARA DADOS DE POSSE E HÁBITOS DE CONSUMO.....	135
APÊNDICE D - ESTIMATIVA DE CONSUMO DA RESIDÊNCIA 01.....	138
APÊNDICE E - ESTIMATIVA DE CONSUMO DA RESIDÊNCIA 02.....	139

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1- Arquitetura vernacular em Manaus – uso das seteiras para favorecer a ventilação.....	3
FIGURA 1.2 –Arquitetura vernacular em Manaus – uso de esquadrias largas e altas para favorecer a ventilação.....	3
FIGURA 1.3 – Tipologia atual utilizada na cidade – utilização indiscriminada de vidros na fachada – Edifício da Universidade Paulistana.....	4
FIGURA 1.4 – Tipologia atual utilizada na cidade – “Torre de vidro” - Edifício Residencial.....	4
FIGURA 2.1 – Posição geográfica da cidade de Manaus.....	10
FIGURA 2.2 – Variações das temperaturas no período 1961 a 1990 - Normais Climatológicas.....	12
FIGURA 2.3 – Variações da umidade relativa e de precipitações no período 1961 a 1990 - Normais Climatológicas.....	12
FIGURA 2.4 - Carta bioclimática proposta para edificações de clima quente e úmido.	14
FIGURA 2.5 – Utilização de superfícies reflexivas para minimizar a absorção de calor.	17
FIGURA 2.6 – Espaço entre o forro e a cobertura para eliminar a transferência de calor por convecção.	17
FIGURA 2.7- Utilização de pérgulas para favorecer a estratégia do sombreamento..	18
FIGURA 2.8 – A utilização de árvores para o sombreamento d edificações mais baixas.....	18
FIGURA 2.9 - A localização das árvores necessita ser bem pensada, para que o vento não seja desviado em vez de forçado a entrar.....	18
FIGURA 2.10 – Utilização de arbustos para melhorar as condições internas de conforto.	19
FIGURA 2.11- Variação do consumo de energia elétrica e número de clientes residenciais na cidade de Manaus – 2000 e 2001.....	23

FIGURA 3.1 – Programa Analysis Bio – Carta Bioclimática para Manaus por estações do ano.....	29
FIGURA 3.2 - Hobo para medições de temperatura – hobo TEMP.	30
FIGURA 3.3 - Hobo para medições de temperatura e umidade – hobo UR.....	30
FIGURA 3.4 – Verificação da dispersão das temperaturas medidas durante a aferição dos hobos.	31
FIGURA 3.5 – Hobos de temperatura e umidade – dormitório da residência 01.	32
FIGURA 3.6 – Hobo de temperatura – estar da residência 02.	32
FIGURA 3.7 - Medidor portátil de consumo de energia elétrica – Yokogawa.....	37
FIGURA 4.1 - Carta bioclimática com TRY da cidade de Manaus.	44
FIGURA 4.2 - Frequência de temperaturas de bulbo seco do TRY de Manaus.....	44
FIGURA 4.3 - Frequência de direções dos ventos por quadrantes.....	46
FIGURA 4.4 – TBS do dia 8 ao dia 15 de fevereiro do TRY, “inverno” de Manaus....	46
FIGURA 4.5 - TBS do dia 20 ao dia 27 de setembro do TRY, “verão” de Manaus.....	46
FIGURA 4.6 – Variações das TBS médias do período de janeiro à março de 199 4 (TRY) e 2002.....	48
FIGURA 4.7 - Frequência de TBS de janeiro a março de 2002 e do TRY de Manaus...	48
FIGURA 4.8 - Frequência de UR de janeiro a março de 2002 e do TRY de Manaus....	48
FIGURA 4.9 – TBS e UR dos dias 3 a 9 de fevereiro – período com ocorrência de precipitações.....	49
FIGURA 4.10 – TBS e UR dos dias 25 a 31 de março – período sem ocorrência de precipitações.....	49
FIGURA 4.11 – Direções dos ventos por quadrante - janeiro à março/2002.....	50
FIGURA 4.12 – Carta bioclimática – Dados de janeiro à março de 2002.	50
FIGURA 4.13 – Localização das residências escolhidas para monitoramento.	52
FIGURA 4.14 – Croqui esquemático da residência 01.....	54
FIGURA 4.15 - Fachada principal – orientação sudeste.....	54
FIGURA 4.16 - Fachada lateral – orientação nordeste.....	54
FIGURA 4.17 – Croqui esquemático da residência 02.....	67
FIGURA 4.18 - Fachada norte do Condomínio Maria da Fé.	67
FIGURA 4.19 - Preferência por cores claras para favorecer a iluminação natural.....	67

FIGURA 4.20 – Croqui esquemático da residência 03 – 1º pavimento.	79
FIGURA 4.21 – Escolha por esquadrias em dimensões maiores e que favoreçam a ventilação e iluminação.	80
FIGURA 4.22 – Cobertura em telhas cerâmicas, ventilada e protegida dos mosquitos típicos da região.	80
FIGURA 4.23 – A vegetação foi preservada para favorecer o microclima.	81
FIGURA 4.24 – As janelas dos quartos ficam constantemente abertas para renovação do ar.	81
FIGURA 4.24 – Croqui esquemático da residência 04.	92
FIGURA 4.25 – Fachada principal – orientação oeste – localização do estar/quarto .	92
FIGURA 4.26 – Pequenas aberturas para renovação do ar interno.	92
FIGURA 4.27 – Cobertura em telhas cerâmicas, ventilada e protegida dos mosquitos típicos da região.	107
FIGURA 4.28 – Escolha por esquadrias em dimensões maiores e que favoreçam a ventilação e iluminação.	107
FIGURAS 4.29 e 4.30 – Área externa da residência 01 – elementos cerâmicos e paredes brancas aumentam o albedo.	108
FIGURA 5.1 – Sugestão para ventilação e renovação de ar noturna.	119
FIGURA 5.2 - Sugestão de isolamento e ventilação da cobertura das residências. ...	119

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Padrões e limites definidos para zonas de conforto.....	21
TABELA 4.1- Temperaturas médias mensais de 1982 a 1997.....	43
TABELA 4.2 - Classificação dos meses.	43
TABELA 4.3- Seqüência de eliminação dos meses.	43
TABELA 4.4 - Relatório com as estratégias bioclimáticas para Manaus.	45
TABELA 4.5 - Direções e porcentagens de ocorrências de ventos.	45
TABELA 4.6 – Amplitudes térmicas do TRY.....	47
TABELA 4.7 - Relatório com as estratégias bioclimáticas para o período monitorado.	51
TABELA 4.8- Características construtivas das residências analisadas.	53
TABELA 4.9 - Características dos moradores da residência 01.	55
TABELA 4.10 - Características dos moradores da residência 02.	68
TABELA 4.11 - Características dos moradores da residência 03.	81
TABELA 4.12 - Características dos moradores da residência 04.	93
TABELA 4.13 - Localização e deslocamentos dos hobos UR nas residências.....	102
TABELA 4.14 - Dados estatísticos de UR das residências.	103
TABELA 4.15 - Resumo das horas em desconforto e desvios médios de temperaturas das residências monitoradas.....	106
TABELA 4.16 – Sensações e preferências térmicas dos moradores.....	109

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 4.1 - Variações das TBS horárias na residência 01 – mês de janeiro.....	56
GRÁFICO 4.2 - Variações das TBS horárias na residência 01 – mês de fevereiro.....	57
GRÁFICO 4.3 - Variações das TBS horárias na residência 01 – mês de março.....	57
GRÁFICO 4.4 - TBS horárias nos dias 13 e 14 de março (sem ocorrências de precipitações) – residência 01.....	58
GRÁFICO 4.5 - TBS horárias nos dias 13 e 14 de fevereiro (com ocorrências de precipitações) – residência 01.....	59
GRÁFICO 4.6 - Variações das TBS na residência 01 – 08:00/12:00 – mês de janeiro...	60
GRÁFICO 4.7 - Variações das TBS na residência 01 – 13:00/18:00 – mês de janeiro...	61
GRÁFICO 4.8 - Variações das TBS na residência 01 – 19:00/22:00 – mês de janeiro...	63
GRÁFICO 4.9 - Variações das TBS na residência 01 – 23:00/07:00 – mês de janeiro...	64
GRÁFICO 4.10 - Quantidade de horas em desconforto e desvio médio - Residência 01.	65
GRÁFICO 4.11 - Variações das TBS horárias na residência 02 – mês de janeiro.....	69
GRÁFICO 4.12 - Variações das TBS horárias na residência 02 – mês de fevereiro.....	70
GRÁFICO 4.13 - Variações das TBS horárias na residência 02 – mês de março.....	71
GRÁFICO 4.14 - TBS horárias nos dias 13 e 14 de março (sem ocorrências de precipitações) - residência 02	72
GRÁFICO 4.15 - TBS horárias nos dias 13 e 14 de fevereiro (com ocorrências de precipitações) - residência 02	73
GRÁFICO 4.16 - Variações das TBS na residência 02 – 08:00/12:00 – mês de janeiro.	74
GRÁFICO 4.17 - Variações das TBS na residência 02 – 13:00/18:00 – mês de janeiro.	74
GRÁFICO 4.18 - Variações das TBS na residência 02 – 19:00/22:00 – mês de janeiro.	75
GRÁFICO 4.19 - Variações das TBS na residência 02 – 23:00/07:00 – mês de janeiro.	76
GRÁFICO 4.20 - Variações das TBS na residência 02 – 23:00/07:00 – mês de março..	77
GRÁFICO 4.21 - Quantidade de horas em desconforto e desvio médio - Residência 02	78
GRÁFICO 4.22 - Variações das TBS horárias na residência 03 – mês de janeiro.....	82
GRÁFICO 4.23 - Variações das TBS horárias na residência 02 – mês de fevereiro.....	83

GRÁFICO 4.24 - Variações das TBS horárias na residência 03 – mês de março.....	83
GRÁFICO 4.25 - TBS horárias nos dias 13 e 14 de março (sem ocorrências de precipitações) – residência 03.....	84
GRÁFICO 4.26 - TBS horárias nos dias 13 e 14 de fevereiro (com ocorrências de precipitações). – residência 03.....	85
GRÁFICO 4.27 - Variações das TBS na residência 03– 08:00/12:00 – mês de janeiro..	86
GRÁFICO 4.28 - Variações das TBS na residência 03– 08:00/12:00 – mês de fevereiro.	86
GRÁFICO 4.29 - Variações das TBS na residência 03 – 13:00/18:00 – mês de janeiro.	87
GRÁFICO 4.30 - Variações das TBS na residência 03 – 19:00/22:00 – mês de janeiro.	88
GRÁFICO 4.31- Variações das TBS na residência 03 – 19:00/22:00 – mês de fevereiro.	89
GRÁFICO 4.32 - Variações das TBS na residência 03 – 23:00/07:00 – mês de janeiro.	89
GRÁFICO 4.33 - Quantidade de horas em desconforto e desvio médio - Residência 03.	90
GRÁFICO 4.34 - Variações das TBS horárias na residência 04 – mês de janeiro.....	93
GRÁFICO 4.35 - Variações das TBS horárias na residência 04 – mês de fevereiro.....	94
GRÁFICO 4.36- TBS horárias nos dias 7 e 8 de janeiro (sem ocorrências de precipitações). – residência 04.....	95
GRÁFICO 4.37 - TBS horárias nos dias 13 e 14 de fevereiro (com ocorrências de precipitações). – residência 04.....	96
GRÁFICO 4.38 - Variações das TBS na residência 04 – 08:00/12:00 – mês de janeiro.	97
GRÁFICO 4.39 - Variações das TBS na residência 04 – 08:00/12:00 – mês de fevereiro.	97
GRÁFICO 4.40 - Variações das TBS na residência 04 – 13:00/18:00 – mês de janeiro.	98
GRÁFICO 4.41- Variações das TBS na residência 04 – 13:00/18:00 – mês de fevereiro.	99
GRÁFICO 4.42 - Variações das TBS na residência 04 – 19:00/22:00 – mês de janeiro.	99
GRÁFICO 4.43 - Variações das TBS na residência 04 – 23:00/07:00 – mês de janeiro	100

GRÁFICO 4.44 - Quantidade de horas em desconforto e desvio médio - Residência 04.	101
GRÁFICO 4.45 - Comparativo médio de UR das residências.....	103
GRÁFICO 4.46 - Variação da UR nos dias 23 e 24 de fevereiro - período com ocorrência de precipitações.	104
GRÁFICO 4.47 - Variações das TBS nas quatro residências - dia 09/01/02 - sem ocorrências de precipitações	105
GRÁFICO 4.48 - Histórico de consumo mensal de energia - Residência 01.....	110
GRÁFICO 4.49 - Consumo e porcentagem estimados dos equipamentos - Residência 01 - Verão	111
GRÁFICO 4.50 - Consumo e porcentagem estimados dos equipamentos - Residência 01 - Inverno.....	112
GRÁFICO 4.51 - Histórico de consumo mensal de energia - Residência 02.....	113
GRÁFICO 4.52 - Usos finais e porcentagem de consumo estimada - residência 02 - Verão.....	114
GRÁFICO 4.53 - Consumo e porcentagem estimados dos equipamentos - Residência 02 - Inverno	115

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

λ	Coeficiente de condutibilidade térmica dos materiais
d.m.	Desvio médio das temperaturas
TBS	Temperatura de bulbo seco
TRY	Test reference year (ano climático de referência)
UR	Umidade relativa do ar

RESUMO

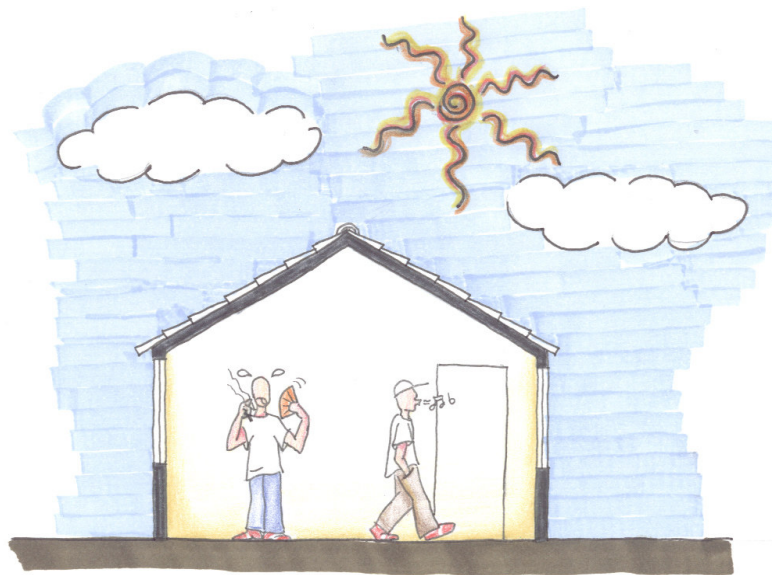
Este trabalho tem como objetivo analisar as reais condições térmicas de edificações residenciais localizadas em Manaus, onde o clima é quente e úmido, com temperaturas elevadas durante todo o ano, baixas frequências de ventos e alta umidade relativa do ar. Estas variáveis foram plotadas na carta bioclimática de Givoni e como resultados foram obtidas as estratégias de ventilação natural, ar condicionado e sombreamento. Para avaliar o uso destas estratégias para este tipo climático foram realizados estudos de caso em quatro residências, sendo um apartamento, baseados em medições horárias de temperatura de bulbo seco (TBS) e umidade relativa do ar (UR) no período de janeiro a março de 2002. Estes dados foram analisados através de comparações das TBS, das UR, das horas em desconforto e do desvio médio das temperaturas de cada residência. Paralelamente, foram investigados dados de conforto e de preferência térmica obtidos através de questionários aplicados aos moradores e também uma análise do consumo de energia elétrica de duas destas residências, com o objetivo de verificar a posse de equipamentos, hábitos de consumo e a representatividade da utilização de ar condicionado e ventiladores no uso final. A análise dos desempenhos térmicos nas residências mostrou a necessidade de adequação da arquitetura local às reais condições climáticas da cidade, de maneira a atenuar o desconforto térmico e favorecer a eficiência na utilização da energia elétrica.

ABSTRACT

This work aims to analyze the real thermal conditions of residences in Manaus, Northern Brazil, where the weather is hot and humid with high temperatures all over the year, low wind frequencies and high relative air humidity. Temperature and air humidity for a Test Reference Year (TRY) were plotted on a Givoni's bioclimatic chart and the strategies of natural ventilation, air conditioning and shading were obtained. To evaluate these strategies under the climatic conditions of Manaus, case studies in three houses and one flat were performed from January to March of 2002, by measuring hourly of dry bulb temperatures (DBT) and relative humidity (RH). The measured data were analyzed through the comparison among the DBT, the RH and hours of discomfort from each house. At the same time, comfort and thermal preferences obtained by applying questionnaires to some residents were investigated. Electrical energy consumption data for two of the residences pattern of, in order to verify the number and type of equipment, consumption habits and the pattern of air conditioning and fans use were also obtained by applying quest. The analysis of thermal performance for the three houses and the flat showed the necessity of a local architectural adjustment according to the climatic conditions of Manaus, in order to improve thermal comfort and minimize energy consumption.

CAPÍTULO 01

INTRODUÇÃO



1 – Introdução

1.1 - Os efeitos da urbanização no conforto térmico e no consumo de energia da cidade de Manaus

A cidade de Manaus está localizada em meio à grande extensão amazônica, em uma região tropical quente e úmida, conhecida durante os últimos anos do século XIX e início do XX, como a “Paris dos Trópicos”; por ter sido transformada pelos imigrantes europeus em uma cidade higienizada, formosa e arborizada conforme os seus costumes e que funcionava como um centro atrativo de grandes negócios do sistema capitalista de produção, exportação e importação ligada ao comércio internacional.

Desde então Manaus tem passado por processos de ampliação e de remodelação de seu espaço físico, assim como o evidente aumento de sua população desde a implantação da Zona Franca de Manaus (1964-1980) e da Usina Hidrelétrica de Balbina (1980-1995).

A cidade também está passando por transformações em sua arquitetura, onde novas técnicas e materiais estão sendo incorporados ao processo construtivo. Algumas destas técnicas não são de uso recomendável em virtude das características ambientais da região. O principal exemplo é o uso abundante do vidro nas fachadas das edificações com o objetivo de possibilitar maior interação interior-exterior ou apenas por questões estéticas. Esta técnica torna a edificação dependente dos equipamentos mecânicos de resfriamento devido à incidência direta da radiação solar em seu interior e conseqüentemente aumenta o seu consumo de energia elétrica.

No partido arquitetônico das construções antigas da cidade e datadas do final do século XIX e início do XX (Figura 1.1 e Figura 1.2), podem ser observadas características que demonstram a grande preocupação com o conforto térmico dos usuários e que levam em consideração o comportamento climático da cidade.



FIGURA 1.1- Arquitetura vernacular em Manaus – uso das seteiras para favorecer a ventilação.



FIGURA 1.2 –Arquitetura vernacular em Manaus – uso de esquadrias largas e altas para favorecer a ventilação.

Nestas construções é evidente a utilização de recursos para promover o arejamento e a iluminação natural dos ambientes e de características como: pés-direito altos com no mínimo cinco metros de altura, esquadrias altas e largas que permitem maiores áreas de ventilação e iluminação, piso elevado no mínimo 1 metro do solo formando porões que favoreçam o arejamento do piso superior, coberturas com lanternins que permitam a circulação de ar, utilização de telhas com pouca absorção térmica, aberturas na altura das paredes e forros vazados que favoreçam a circulação interna do ar e entre outras a utilização de jardins, que na sua correta aplicação absorvem a radiação solar e promovem o resfriamento do ar que irá circular pela edificação.

Em relação ao problema das temperaturas elevadas no interior das edificações, isto era parcialmente resolvido com a utilização de paredes duplas que proporcionavam uma inércia térmica. As ruas eram mais arborizadas e pavimentadas com pedras ao invés da camada asfáltica, o que reduzia a quantidade de calor absorvido e refletido, gerando um microclima mais ameno.

Em contrapartida, a arquitetura moderna tem cada vez mais conquistado espaço na cidade (Figura 1.3 e Figura 1.4) e as estratégias antes utilizadas são substituídas pelo uso inadequado de vidros, pés-direito reduzidos variando de 2,80 a no máximo três metros, paredes simples com no máximo quinze centímetros e

esquadrrias em dimensões reduzidas. As ruas ganharam uma camada de asfalto e a vegetação foi removida para dar lugar a verdadeiras “torres de vidro”, transformando o clima da cidade em geral.



FIGURA 1.3 - Tipologia atual utilizada na cidade - utilização indiscriminada de vidros na fachada - Edifício da Universidade Paulistana.



FIGURA 1.4 - Tipologia atual utilizada na cidade - “Torre de vidro” - Edifício Residencial.

AGUIAR (1995) em suas pesquisas quanto às características climáticas da cidade de Manaus descreve algumas medidas cabíveis de serem adotadas para minimizar os efeitos impactantes do processo de urbanização da cidade. As principais referem-se à recuperação de áreas extremamente comprometidas, sem arborização e com uso demasiado de pavimentação asfáltica, de modo a atenuar o desconforto térmico e tornando sadia a convivência na área urbana.

Questões como o desmatamento de áreas florestais para ocupação urbana e o excessivo adensamento da cidade, vêm acentuando os parâmetros de desconforto ambiental e comprometendo as soluções tecnicamente mais apropriadas e economicamente mais viáveis, como por exemplo, a arborização e a ventilação natural. Pois a contribuição que a vegetação pode dar, não só ameniza o clima urbano da cidade, como também melhora de maneira decisiva o desempenho dos equipamentos mecânicos.

Desde a crise energética do petróleo na década de 70, a grande preocupação com a economia de energia impulsionou a dar maior atenção à construção de edificações energeticamente mais eficientes. Em muitos países tornou-se prioridade a implantação de programas de conservação de energia e para uso do

condicionamento térmico natural. Mas, no Brasil as conseqüências só foram percebidas já na transição do ano de 2000 e 2001, quando a “crise do apagão” gerou discussões e questionamentos em referência à geração e ao consumo de energia elétrica no país.

Para a resolução destes problemas foram implementadas medidas para o uso racional de energia e que introduziam novos incentivos e reformas no setor elétrico de maneira a apoiar política e financeiramente a pesquisa, o desenvolvimento e as ações de eficiência energética.

Porém, pelo fato da cidade de Manaus ser abastecida por um sistema isolado, ela não faz parte do Sistema Interligado Elétrico Brasileiro e, portanto não participa da campanha do racionamento. Mas, neste período ocorreram significativas diminuições no consumo total de energia na cidade, resultado direto de campanhas divulgadas e incentivadas pela mídia, influenciando diretamente o comportamento da população local.

Na busca por soluções para o uso eficiente de energia elétrica uma alternativa encontrada é a utilização dos princípios da arquitetura bioclimática, que utiliza elementos favoráveis do clima local combinados a técnicas construtivas, com o objetivo de otimizar o conforto de seus usuários e um baixo consumo energético. No Brasil, desde a década de 80, órgãos públicos e pesquisadores da área vêm tomando consciência quanto à questão ambiental e a preocupação com a economia de energia.

Desde então passou-se a repensar o fator climático e a investigar os fenômenos meteorológicos que definem a atmosfera brasileira e determinam um zoneamento bioclimático para o país.

Neste âmbito, várias pesquisas surgiram com o objetivo de interagir as condicionantes climáticas de cada região com o projeto de arquitetura, otimizando o conforto dos usuários e o menor consumo de energia. Uma delas é a de GOULART et al. (1997), que fazem uma avaliação bioclimática de 14 cidades brasileiras, indicando as estratégias mais adequadas para cada uma delas, assim como os períodos do ano em que ocorre conforto ou desconforto nas edificações e uma das motivações que levaram ao desenvolvimento desta dissertação se deve ao fato da cidade de Manaus não estar inserida nesta pesquisa.

Para investigar estes fatores foram realizados estudos de caso em quatro residências situadas na cidade e com diferentes características construtivas, objetivando investigar seus desempenhos térmicos e quais estratégias e alternativas podem minimizar o desconforto dos seus ambientes, satisfazendo as exigências de bem estar de seus ocupantes e utilizando a energia elétrica de maneira eficiente.

1.2 - Objetivos

1.2.1 - Gerais

- Verificar o desempenho térmico de edificações residenciais e a sua influência no consumo final de energia elétrica na cidade de Manaus.

1.2.2 - Específicos

- Construir a carta bioclimática para a cidade de Manaus.
- Verificar a contribuição de algumas técnicas construtivas utilizadas na concepção dos projetos das edificações residenciais escolhidas para estudo, frente às estratégias bioclimáticas indicadas para a cidade.
- Investigar as condições de conforto da população local, levando em consideração as preferências térmicas e sua possível aclimação.
- Analisar o uso final e os hábitos de consumo de energia elétrica residencial.

1.3 – Estrutura da dissertação

O conteúdo apresentado neste trabalho está dividido em cinco capítulos, um anexo e cinco apêndices, seguidos das referências bibliográficas.

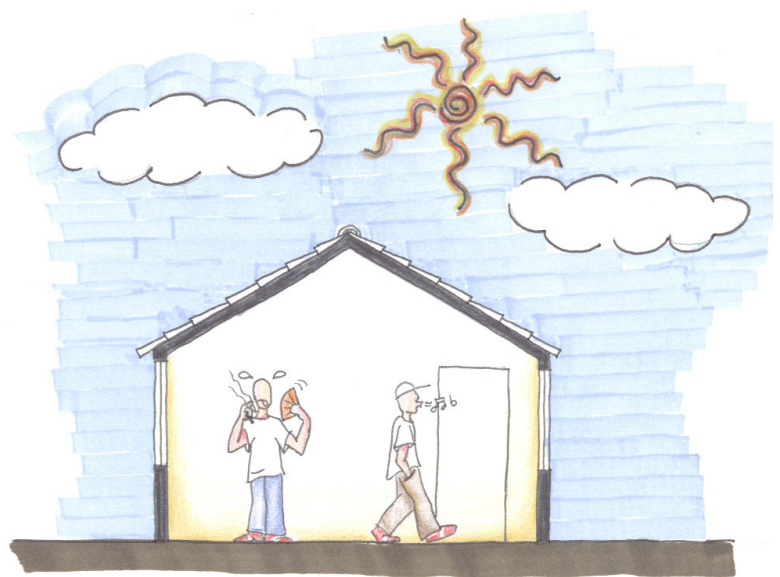
O capítulo dois apresenta uma revisão bibliográfica da caracterização climática da cidade e da sua localização. Destaca-se a importância do projeto bioclimático e algumas estratégias para favorecer o conforto no clima quente e úmido, abordando condições de adaptação e tolerância da população em áreas com este tipo climático. O capítulo encerra com uma breve exposição das características do consumo de energia elétrica no setor residencial da cidade de Manaus.

No terceiro capítulo é exposta a metodologia empregada na caracterização do Ano Climático de Referência (TRY), na construção da carta bioclimática da cidade e no estudo de caso realizado em edificações residenciais localizadas na cidade. A caracterização de cada residência, seu desempenho térmico, e a análise do consumo de energia elétrica de duas residências são apresentadas no quarto capítulo.

O capítulo cinco apresenta as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 02

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA



2 – Revisão bibliográfica

2.1 – Características climáticas e localização da cidade de Manaus

O clima é um conjunto de fenômenos meteorológicos que definem a atmosfera de um determinado lugar. Quando começamos a considerar o clima, vemos que ele apresenta uma grande diversidade de características, ainda que em lugares próximos entre si. A ele somam-se outros aspectos locais, como os materiais de construção, o desenvolvimento tecnológico e as condições sócio-econômicas, que imprimem ao espaço arquitetônico um caráter diferente e próprio do lugar .

É grande a diversidade climática no território brasileiro em consequência de fatores como as características geográficas, a extensão territorial, o relevo e a dinâmica das massas de ar, este de suma importância porque atua diretamente tanto na temperatura quanto na pluviosidade, provocando as diferenciações climáticas para cada região. Para caracterizar o clima da cidade de Manaus baseou-se em quatro pesquisas realizadas para a região.

Uma é a de HEYER (1997), que analisa o desenvolvimento populacional e a evolução da malha urbana de Manaus, verificando a influência exercida na atual configuração climática da cidade. Segundo HEYER (1997), a cidade é caracterizada pelo critério de Köppen como um clima quente e úmido (Am), predominante na região Amazônica. Está localizada em uma microrregião denominada “Médio Amazonas”, distante 1.700 km em linha reta do litoral e é considerada por estudiosos como a verdadeira capital da Amazônia Brasileira por localizar-se entre a Amazônia Ocidental e Oriental. Sua posição geográfica é de 60° de longitude oeste e 3° 08' de latitude sul (Figura 2.1), possui uma área territorial de aproximadamente 11.684 km² e uma altitude média de 92,9 m.

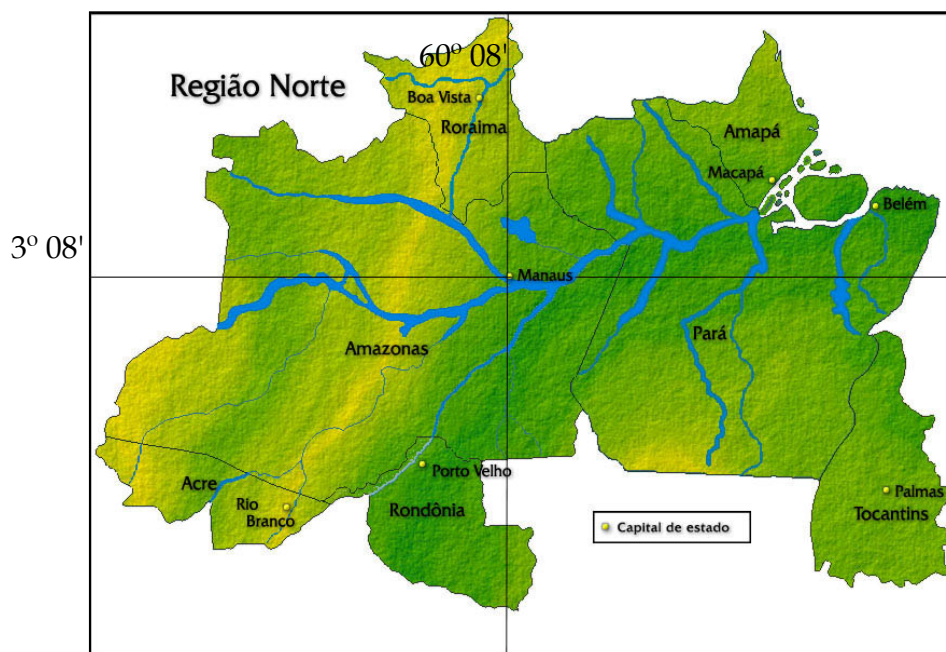


FIGURA 2.1 – Posição geográfica da cidade de Manaus.

A segunda pesquisa é a de BONETTI (1999), onde são analisadas as aplicações de pressupostos bioclimáticos de conforto térmico na cidade de Manaus. Para a caracterização climática da região o autor destaca apenas duas estações: uma com um período com maior precipitação pluvial, denominado “inverno regional”, que compreende os meses de janeiro a abril e a outra com um período mais seco, o “verão amazônico”, de junho a novembro. Destaca-se também o período em que ocorre o menor índice pluviométrico cuja precipitação não ultrapassa 4% do total anual, este fenômeno ocorre geralmente nos meses de agosto, setembro e outubro.

AGUIAR (1995), faz uma investigação das alterações climáticas na cidade de Manaus no século XX e caracteriza os ventos da região como predominantes de leste e nordeste do anticlone tropical semifixo do Atlântico Sul e do anticlone tropical semifixo dos Açores. O autor ressalta que embora estas massas de ar estejam carregadas de umidade, elas apresentam condições meteorológicas estáveis. Ao mesmo tempo no interior da região a massa equatorial continental (mEc) é formada pela convecção termodinâmica que contribui para uma instabilidade permanente no clima e é responsável pelos índices elevados de precipitações e favorecem a entrada dos alísios de sudeste.

Por último, NIMER (1979) caracteriza a região como uma área de clima equatorial úmido e quente durante quase todo o ano. Com temperaturas médias anuais sempre acima de 22°C, chuvas abundantes - 2.500 mm, intensa radiação, elevada umidade do ar e baixas velocidades de ventos. Porém no início do inverno, de junho a agosto, ocorre uma sensível diminuição da temperatura quando são freqüentes as chegadas de frentes frias de origem polar. Este fenômeno é denominado “friagem” e é caracterizado por uma forte umidade específica e relativa, acompanhado de chuvas frontais e sucedido de tempo bom.

Ainda segundo NIMER (1979), nesta região a topografia e a baixa altitude favorecem o aumento da diferença entre a maior e a menor temperatura registrada durante o dia - a amplitude térmica diurna. Entretanto a natureza do solo profundo e coberto pela densa vegetação, a notável rede de rios largos e a forte nebulosidade durante todo o ano, agem em sentido contrário diminuindo essa amplitude.

Quanto à velocidade dos ventos, predominam as calmarias, porém o ar fica diariamente muito carregado de umidade e por este motivo a amplitude térmica diurna da Amazônia é pouco inferior às registradas em outras regiões da zona equatorial do mundo. Devido a isto, o desconforto é maior do que em outras regiões brasileiras, como os sertões nordestinos, por exemplo. A amplitude térmica diurna tende a reduzir à medida que uma região se aproxima das margens de um rio e segundo AGUIAR (1995), este fenômeno ocorre provavelmente devido à existência da “brisa pluvial” gerada pelo desequilíbrio da pressão.

Para BONETTI (1999), em virtude da cidade estar situada no encontro entre o rio Negro e o Solimões, a constante evaporação de suas águas causa um aumento da umidade atmosférica, mas por outro lado se obtém o benefício de uma diminuição direta da radiação solar.

Complementando a caracterização climática da cidade analisou-se as Normais Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) correspondente ao período de 1961 a 1990 (Figura 2.2.). Pode-se destacar que as temperaturas médias mais altas ocorreram nos meses de agosto a novembro com uma média de 27,5°C; as médias mais baixas nos meses de janeiro a março com uma média de 26°C; as

máximas de agosto a setembro com uma média de 32,5°C e as mínimas foram registradas de junho a setembro com uma média de 22,5°C.

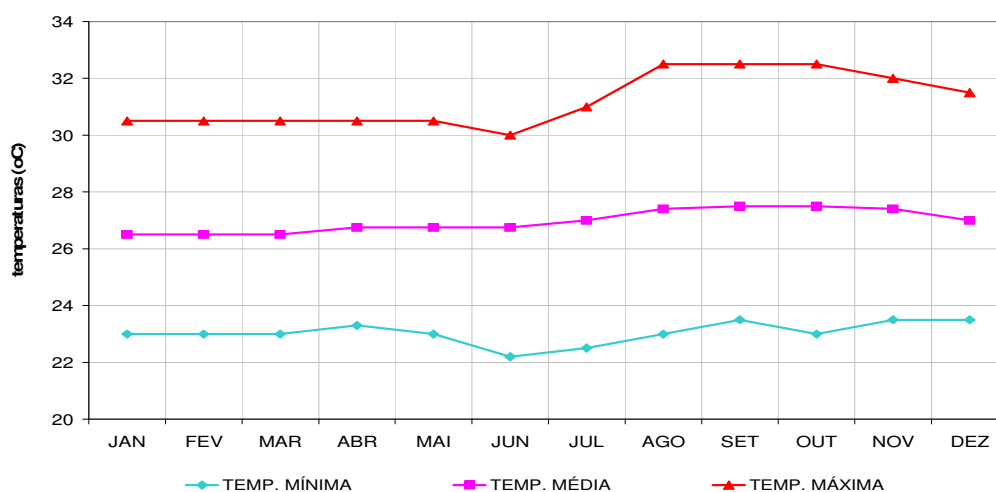


FIGURA 2.2 – Variações das temperaturas no período 1961 a 1990 - Normais Climatológicas

Segundo as ocorrências de precipitações destas Normais, o mês mais chuvoso foi março, com aproximadamente 332,7 mm e o mais seco foi agosto, com aproximadamente 52,4 mm. Em relação às taxas de umidade relativa do ar, ocorrem oscilações com médias em torno de 80%, com variações diretamente proporcionais ao maior e menor índice de chuva e influenciando inversamente nos valores de temperatura. Segundo as Normais, as umidades relativas mais altas ocorreram nos meses de janeiro a maio, com uma média de 87% e as mais baixas nos meses de agosto a setembro, com uma média de 76% (Figura 2.3).

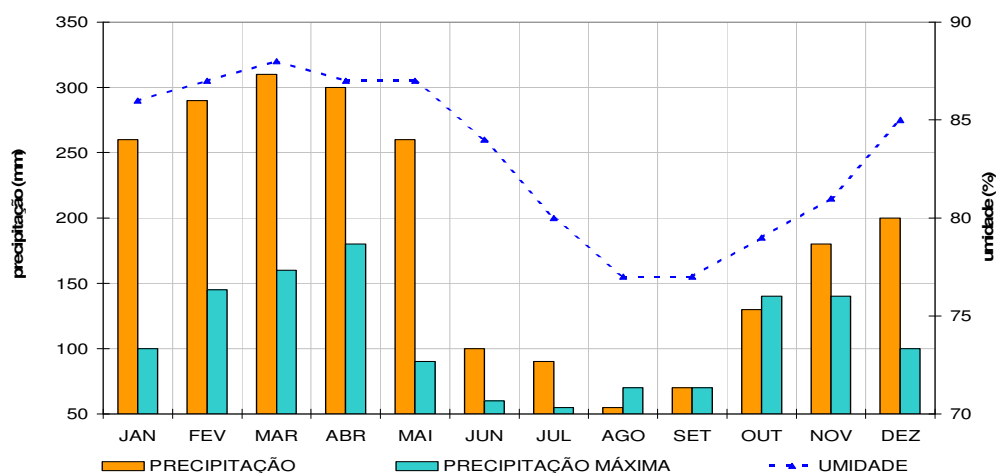


FIGURA 2.3 – Variações da umidade relativa e de precipitações no período 1961 a 1990 - Normais Climatológicas

2.2 - Arquitetura Bioclimática

Na década de 60, os irmãos Olgyay aplicaram a bioclimatologia na arquitetura levando em consideração o conforto térmico humano e criaram a expressão “projeto bioclimático” (OLGYAY, 1973). Este projeto tem como base uma concepção arquitetônica que objetiva buscar por meio de seus próprios elementos as condições favoráveis do clima, de modo a satisfazer as exigências de conforto térmico do homem. O resultado do projeto foi o desenvolvimento de um diagrama bioclimático que propõe estratégias de adaptação da arquitetura ao clima.

Uma revisão bibliográfica abordando o tema bioclimatologia aplicada, com o objetivo de selecionar uma carta bioclimática a ser adotada no Brasil, foi realizada por GOULART et al. (1994). A partir de pesquisas realizadas em países quentes, concluiu-se através de uma carta elaborada por GIVONI (1992a) que pessoas que residem nos países em desenvolvimento, de clima quente e úmido, aceitam limites máximos de temperatura e umidade. O autor sugere uma expansão nos limites de conforto para estes locais.

GOULART et al. (1994) propõem a extensão da zona de ventilação até a linha da umidade relativa de 100% e a definição da zona de umidificação baseando-se nas pesquisas de GONZALEZ et al. (1986). Outra adaptação foi a utilização do método de WATSON e LABS (1983), dividindo a carta psicrométrica em subzonas que representam as estratégias de projeto e utiliza dados climáticos horários e como fonte de dados horários adotaram o método do TRY (*Test Reference Year*), que segundo a ASHRAE (1993) foi desenvolvido pelo *National Climatic Center* para cálculo de energia e podem auxiliar em decisões econômicas para o consumo de energia. O TRY consiste em uma fonte de dados climáticos horários de informações como temperatura de bulbo seco (TBS), temperatura de bulbo úmido (TBU), direção dos ventos (DV), velocidade dos ventos (VV), dentre outras.

Para a construção da carta é utilizado o diagrama psicrométrico, referenciando as relações de umidade e da temperatura do ar. Divide-se a carta em 12 zonas de estratégias bioclimáticas associando informações sobre a zona de conforto térmico, o comportamento climático do local e as estratégias de projeto indicadas. Estas zonas são: (1) zona de conforto, (2) zona de ventilação, (3) zona de resfriamento

evaporativo, (4) zona de massa térmica para resfriamento, (5) zona de ar condicionado, (6) zona de umidificação, (7) zona de aquecimento solar passivo (massa térmica), (8) zona de aquecimento solar passivo, (9) zona de aquecimento artificial, (10) zona de ventilação/massa térmica, (11) zona de ventilação/massa/resfriamento evaporativo e (12) zona de massa térmica/resfriamento evaporativo (Figura 2.4).

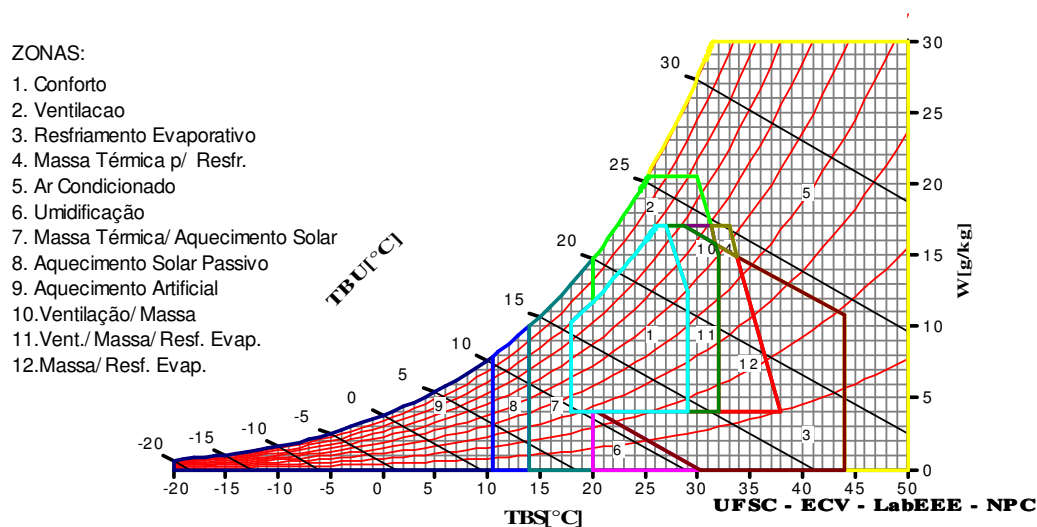


FIGURA 2.4 - Carta bioclimática proposta para edificações de clima quente e úmido.

Prosseguindo às aplicações e definições da carta bioclimática proposta para o Brasil, GOULART et al. (1997) especificaram as estratégias mais indicadas para edificações, indicando os períodos com maior probabilidade de conforto e desconforto para 14 cidades brasileiras, porém a cidade de Manaus não foi incluída nesta análise.

Entre as localidades analisadas, as que mais se aproximaram da cidade de Manaus, tanto em relação à localização geográfica quanto às características climáticas, é a cidade de Belém, localizada a 1° 23' de latitude sul e São Luis a 2° 35' também a sul, ambas com quase 100% das horas em desconforto por calor, mesmo estando localizadas mais próximas ao litoral norte/nordeste.

Após as pesquisas de GOULART et al. (1997), outras foram desenvolvidas com o objetivo de verificar a aplicabilidade das estratégias indicadas. Entre elas a de ANDRADE (1996), que teve como objetivo obter dados para o desenvolvimento do projeto bioclimático voltado para a região da cidade de Florianópolis e comprovar a

eficiência das estratégias resultantes através de um estudo de caso realizado em residências localizadas na cidade.

Outra é a de PAPST (1999), realizada também com base na cidade de Florianópolis e que tem o objetivo de avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais em uso e com diferentes envoltórias através da análise da temperatura interna e recentemente MACIEL (2002), avaliou a aplicabilidade das estratégias bioclimáticas propostas para a cidade de Brasília, através de um estudo de caso realizado em um edifício de escritórios, que propõe alternativas de utilização de sistemas passivos e de baixo consumo de energia para a climatização do ar.

Estes estudos foram utilizados como embasamento para a presente pesquisa auxiliando na escolha da metodologia a ser utilizada, dos equipamentos necessários para a monitoração dos ambientes e para conhecimento da eficiência da utilização da arquitetura bioclimática como um meio de economizar energia, de satisfazer as exigências humanas de conforto e de adequar a arquitetura às condições climáticas locais.

2.3. - Estratégias bioclimáticas para a cidade de Manaus - clima quente e úmido.

Segundo SZOKOLAY (1980), o clima quente e úmido é o mais difícil do ponto de vista do *design* térmico, onde o ideal é se assegurar que as condições internas não sejam piores que as externas, o que não é uma tarefa muito fácil.

Sabe-se que uma construção deve bloquear as condições negativas e aproveitar os aspectos positivos oferecidos pela localização e também pelo clima. Mas, o aumento populacional desordenado, o não planejamento urbano e o descaso em relação aos fatores ambientais, têm refletido na ausência de conforto nos projetos de edificações, principalmente residenciais.

Tradicionalmente a aparência de um edifício descreve a natureza do lugar, por exemplo, as construções localizadas em zonas quentes e úmidas devem ser separadas e circundadas por vegetação, resultando em um conjunto livre, disperso e de modo a aproveitar qualquer brisa, já que a incidência de ventos é baixa. Em geral, nestas

áreas o importante é o edifício ter o maior número de aberturas para favorecer a ventilação.

Abordando a estratégia de ventilação, de acordo com KOENIGSBERGER et al. (1980) o movimento do ar é o único alívio disponível pelo próprio clima para o *stress* climático, por isso é vital para o conforto térmico que a edificação possua aberturas para captar todos os ventos disponíveis. Segundo GIVONI (1994), a ventilação é a melhor solução para se minimizar o efeito psicológico causado pela alta umidade e sugere que o layout apropriado para edificações em regiões quentes, depende se elas são condicionadas na maior parte do tempo ou se dependem da ventilação natural sempre que for possível para promover conforto interno. Mas, ressalta que nestas regiões, a edificação deve ser projetada visando a melhor ventilação natural e minimizando a necessidade de condicionamento de ar.

Quanto à forma destas edificações, elas tendem a ser de forma plana e alongada com uma única fila de cômodos para permitir a ventilação cruzada. Estes devem ser acessíveis por varandas abertas para proporcionar sombra. Suas portas e janelas devem ser largas o máximo possível, permitindo a livre passagem do ar. Porém, deve-se verificar atentamente a orientação destas aberturas pois são responsáveis pela penetração direta dos raios solares, o que leva a temperatura interna a ficar acima da temperatura externa e aumentar o *stress* térmico e a carga necessária para resfriamento da edificação.

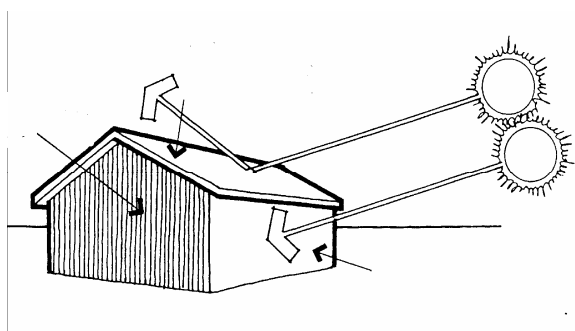
Ainda segundo GIVONI (1994), é de suma importância minimizar a penetração solar através das janelas e a absorção solar das superfícies das paredes e do forro, mas quando as considerações de vento e sol conflitarem nas decisões sobre a orientação da edificação, a ventilação deve ser o principal fator a ser considerado.

Com relação ao ganho de calor solar, a proposta de KOEGNISBERGER et al. (1980) é de orientar as edificações ao longo do eixo leste-oeste. Porém, se esta estratégia conflitar com a orientação dos ventos dominantes, deve-se primordialmente fazer uma análise isolada para cada caso. A utilização de elementos arquitetônicos como anteparos, marquises e brises, são elementos que poderão mudar de maneira eficiente a direção dos ventos e forçá-los para dentro das edificações.

As pesquisas de SZOKOLAY (1980), sugerem algumas alternativas para climas quente e úmido, tais como:

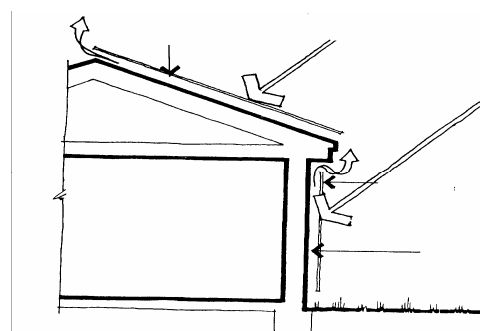
Utilizar superfícies reflexivas na cobertura, para minimizar a absorção de calor (Figura 2.5);

Deixar um espaço entre o forro e a cobertura da edificação, ventilando adequadamente este espaço, o que não reduzirá a transferência de calor por radiação, mas poderá eliminar qualquer transferência de calor por convecção entre o forro e a cobertura (Figura 2.6);



Fonte: WATSON e LABS (1983)

FIGURA 2.5 – Utilização de superfícies reflexivas para minimizar a absorção de calor.



Fonte: WATSON e LABS (1983)

FIGURA 2.6 – Espaço entre o forro e a cobertura para eliminar a transferência de calor por convecção.

Utilizar material resistente para o isolamento da cobertura;

A edificação deve ser leve, permitindo o rápido resfriamento à noite, quando ocorrerem as altas temperaturas durante o dia;

A edificação poderá ser elevada em pilotis, permitindo a ventilação cruzada;

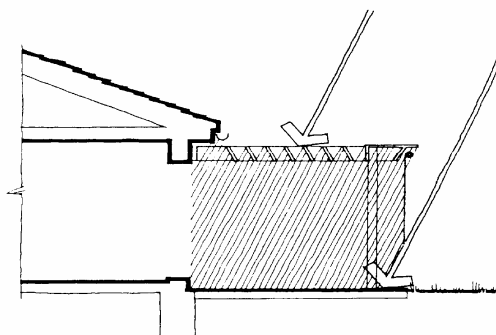
Deve-se evitar aberturas nas paredes leste e oeste e dar preferência para que tenham superfícies reflexivas;

As paredes norte e sul devem ter aberturas que permitam a máxima possibilidade de penetração do ar. Elas devem ser bem protegidas do sol, das chuvas e dos mosquitos e insetos, que são abundantes neste tipo de clima.

Complementando estas alternativas construtivas e estratégias indicadas, deve-se levar em consideração o sombreamento que é um recurso fundamental a ser utilizado em todos os tipos climáticos, não só para alterar o comportamento térmico dos ambientes como para melhorar a eficiência das estratégias.

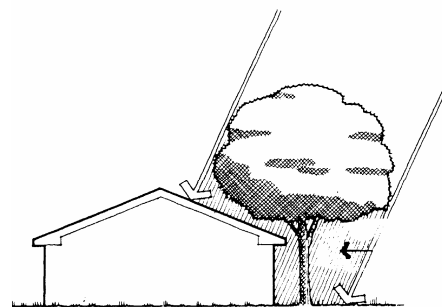
KOEGNISBERGER et al. (1980), sugerem o uso da vegetação para promover sombreamento. Segundo os autores, a utilização de pérgulas ou de caramanchões

(Figura 2.7), por exemplo, são alternativas baratas e eficientes e para o sombreamento de edificações mais baixas, as árvores são mais eficazes dos lados leste e oeste, onde em virtude da baixa altura do sol, os elementos arquitetônicos não podem ser satisfatoriamente utilizados (Figura 2.8).



Fonte: WATSON e LABS (1983)

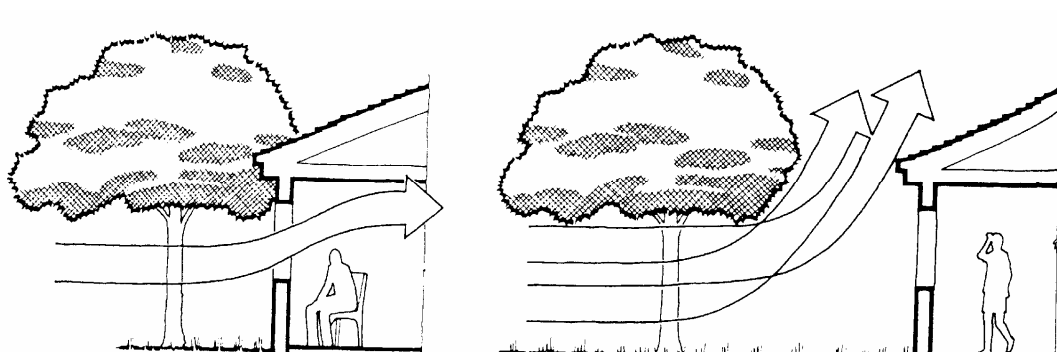
FIGURA 2.7- Utilização de pérgulas para favorecer a estratégia do sombreamento.



Fonte: WATSON e LABS (1983)

FIGURA 2.8 - A utilização de árvores para o sombreamento de edificações mais baixas.

O aproveitamento da natureza como estratégia requer planejamento e não se resume em apenas utilizar uma grande quantidade de plantas rodeando a edificação. Pois, a disposição de forma ineficiente pode piorar as condições, não oferecendo o nível de conforto desejado e influenciando na eficiência de outras estratégias. A localização de árvores e arbustos necessita ser bem pensada, para que o vento não seja desviado, em vez de forçado a entrar (Figura 2.9).

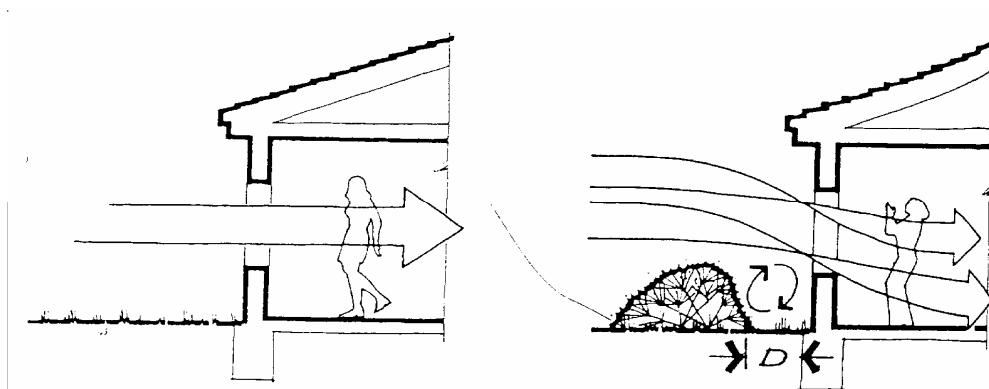


Fonte: WATSON e LABS (1983)

FIGURA 2.9 - A localização das árvores necessita ser bem pensada, para que o vento não seja desviado em vez de forçado a entrar.

Os elementos da paisagem podem mudar o movimento do ar e sua velocidade, melhorando ou piorando as condições de conforto. As árvores, os arbustos, os muros e as barreiras podem formar zonas de baixa e de alta pressão, transformando o microclima ao redor da edificação e se estiverem bem situadas,

poderão acelerar o movimento do ar para o interior, aumentando as condições de conforto (Figura 2.10).



Fonte: WATSON e LABS (1983)

FIGURA 2.10 – Utilização de arbustos para melhorar as condições internas de conforto.

Segundo o Projeto de Norma para Desempenho Térmico de edificações que estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro, as recomendações de estratégias para favorecer o condicionamento térmico passivo na cidade de Manaus são: a desumidificação, a ventilação cruzada permanente e a refrigeração artificial. Da mesma forma, recomenda o uso de roupas leves para melhorar as sensações térmicas com relação às condições de desempenho térmico da edificação durante o período mais quente do ano.

Contudo, ressalta-se que em condições climáticas muito rígidas pode não ser possível um desempenho térmico satisfatório da arquitetura utilizando-se apenas recursos naturais. Porém, mesmo nesses casos, deve-se procurar propostas que maximizem o desempenho térmico natural e/ou que reduzam a potência necessária dos equipamentos de refrigeração ou aquecimento e diminuam o tempo de uso desses equipamentos nas épocas cujas condições térmicas climáticas são menos severas.

Desta forma, o ar condicionado poderá ser usado em paralelo com os sistemas passivos de resfriamento e ventilação, reduzindo o número de horas de dependência do ambiente ao uso de qualquer sistema artificial e conseqüentemente, o consumo de energia elétrica.

2.4 - Conforto térmico, adaptação e/ou tolerância em clima quente e úmido.

A sensação de conforto térmico está relacionada com as trocas de calor que ocorrem sem grandes esforços entre o corpo humano e o ambiente, otimizando a capacidade de trabalho do homem e não o submetendo a fadiga ou ao estresse.

As principais variáveis que influenciam no conforto térmico são a temperatura, a umidade, a velocidade do ar, a temperatura radiante média, a atividade desenvolvida e a resistência térmica das vestimentas do indivíduo. A reunião destas variáveis propicia a perda de calor em maior ou menor quantidade do que aquela produzida pelo organismo, resultando em um ambiente considerado frio, quente ou ainda em neutralidade térmica caso propicie a dissipação do calor na justa medida (ARAÚJO, 2001).

O homem possui um aparelho termorregulador, que tem a função de fazer a manutenção da temperatura interna do seu organismo e de comandar a redução dos ganhos ou aumento das perdas de calor. Apesar da termorregulação ser o meio natural de controle das perdas de calor do organismo, ela representa um esforço extra e, por conseguinte, uma queda de potencialidade de trabalho.

Segundo GONZALEZ et al. (1986), este mecanismo regulador permite que o organismo se mantenha no equilíbrio térmico necessário para o bem estar fisiológico em condições climáticas adversas. À medida que o corpo, para estabelecer equilíbrio térmico, necessite realizar uma menor quantidade de regulações para adaptar-se a um meio específico, ele está à cerca da zona denominada como “Zona de bem estar térmico”. As condições desta caracterizam-se pela maior porcentagem de pessoas manifestarem-se não sentir nem calor e nem frio e nem saberem decidir por um ambiente mais frio ou mais quente, porém por sentirem-se bem.

Em linhas gerais, uma pessoa está em conforto térmico quando expressa plena satisfação em relação ao ambiente térmico que a cerca. Vários pesquisadores procuraram após experiências extensivas, estabelecer padrões e limites para zonas de conforto, de maneira a atender o maior número possível de pessoas (Tabela 2.1). Porém, cada índice é adequado às condições nas quais foram desenvolvidas.

TABELA 2.1 - Padrões e limites definidos para zonas de conforto

	TEMPERATURA		UMIDADE		
METODOLOGIA	LIMITE MÍNIMO	LIMITE MÁXIMO	LIMITE MÍNIMO	LIMITE MÁXIMO	OBSERVAÇÃO
ASHRAE 55-74	> 20,0° TE*	< 26,1° TE*	> 5 mm Hg	< 14 mm Hg	
ASHRAE 55-81	> 23,0° TE* > 20,0° TE*	< 27,0° TE* < 24,0° TE*	> 4g/kg	< 12 g/kg	verão inverno
ASHRAE 55-92	> 23,0° TE* >20,0° TE*	< 26,0° TE* < 23,5° TE*	> 4,5 g/kg e 30%	< 60%	verão inverno
GIVONI original	> 21,0°	< 26,0° < 25,0°	> 5 mm Hg	< 17 mm Hg e 80%	baixa umidade alta umidade
GIVONI e MILNE	> 22,7° > 20,0°	< 27,0° < 24,0°	> 20%	< 80 %	verão inverno
GONZALEZ	> 22,0° TE*	< 29,0° < 26,5°	> 4 g/kg	< 14 g/kg ou 75%	baixa umidade alta umidade
GIVONI 92 - Países Desenvolvidos	> 20,0° > 18,0°	< 27,0° < 25,0°	> 4 g/kg	<80% e 15 g/kg	verão inverno
GIVONI 92 - Países em Desenvolvimento	> 25,0°	< 29,0° < 26,0°	> 4 g/kg	< 80% e 17 g/kg baixa umidade altas umidades	verão/ baixa umidade
SZOKOLAY	> 18,0° TMA +- 2K SET 18,5° TMA +- 1,75K SET	< 25,0° 28,5°	> 4 g/kg	< 12 g/kg	inverno limites variáveis com o clima local
WATSON e LABS	> 20,0°	< 25,6°	> 5 mm Hg	< 80%	

Fonte: GOULART et al. (1994)

Nenhum estudo foi ainda realizado para as condições do clima amazônico, dos limites citados que mais se aproximam são os de GIVONI (1992a) propostos para países em desenvolvimento e os de GONZALEZ et al. (1986), cujos limites foram sugeridos após estudos na cidade de Maracaibo (Venezuela) que possuem características climáticas semelhantes às de Manaus.

Posto isto, este trabalho está restrito a adotar a carta proposta por GOULART et al. (1994) baseada nos limites da zona de conforto proposta pela carta de GIVONI (1992a) adaptada para os países em desenvolvimento e os limites de conforto de GONZALEZ et. al (1986).

Segundo pesquisas realizadas por GONZALEZ e BRAVO (2001), BRAVO e GONZALEZ (2001) e BRAVO et al. (2000) através de estudo de caso em residências na cidade de Maracaibo, as pessoas que permanecem a maior parte do tempo em ambientes submetidos a livre variação de temperatura, adquirem mediante processos adaptativos, uma maior capacidade de tolerância a altas temperaturas e umidades,

em comparação a outras pessoas que permanecem em condições climáticas mais favoráveis.

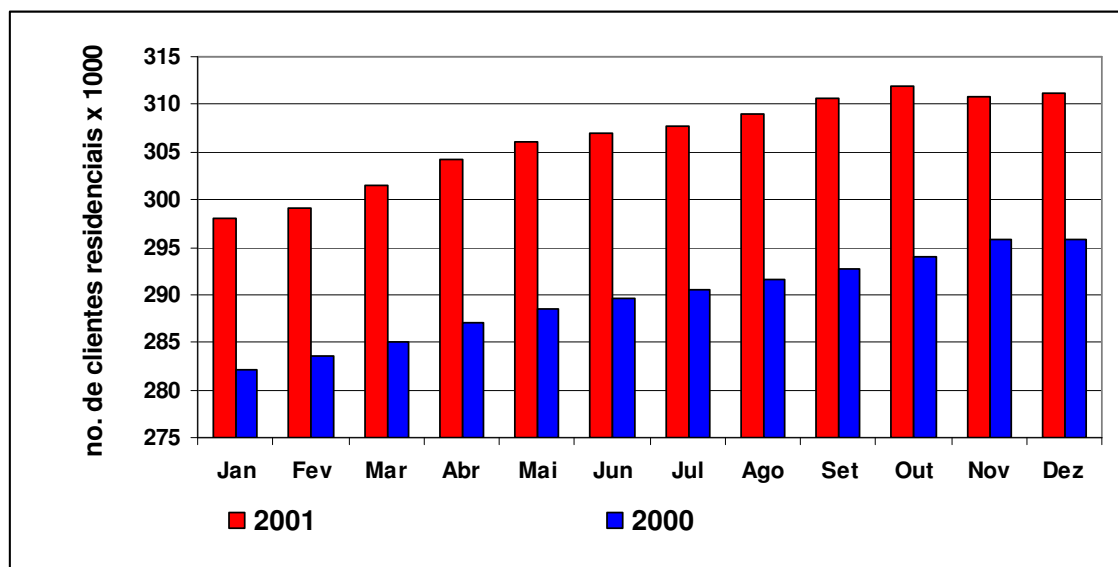
Ainda segundo estas pesquisas, a satisfação térmica manifestada pelos indivíduos em relação ao ambiente interior de sua casa é influenciada por suas expectativas térmicas. Este fato evidenciou-se quando as pessoas entrevistadas em sua pesquisa manifestaram estarem acostumadas a suportar calor e a não esperar melhores condições de temperatura dentro das casas, especialmente em algumas horas do dia, como por exemplo, ao meio dia e nas primeiras horas da tarde.

Outra pesquisa com o objetivo de analisar a tolerância e/ou adaptação da população com as condições climáticas locais foi a de GIVONI (1992b), que realizou estudos em residências na cidade de Colima - México, baseando-se em dados coletados sob condições climáticas de verão e plotando-os sobre sua carta bioclimática. Ao final de suas análises, o autor obteve como resultado a necessidade da utilização contínua de aparelhos de ar condicionado para favorecer o conforto térmico, porém verificou que as residências da cidade não possuíam estes equipamentos e que aparentemente a população apresentava-se adaptada ou era tolerante às condições de altas temperaturas e umidade do ar.

Ambas pesquisas sustentam a idéia de que a adaptação climática e os aspectos culturais influenciam na percepção de um ambiente.

2.5 - Consumo de energia no setor residencial na cidade de Manaus.

No Brasil, o setor residencial é responsável por 26% do consumo total de energia elétrica, segundo o Balanço Energético Nacional de 2000. Segundo a Manaus Energia, o consumo residencial de energia elétrica em 2000 correspondeu a 31,6% na região Amazônica e em 2001 a 30,8% (Anexo A). Na figura 2.11 pode-se observar o crescimento do número de clientes residenciais ao longo dos anos de 2000 e 2001.



Fonte: Manaus Energia.

FIGURA 2.11- Variação do consumo de energia elétrica e número de clientes residenciais na cidade de Manaus – 2000 e 2001.

Algumas pesquisas realizadas para análise do setor energético da região mostram que a demanda de energia tem aumentado rapidamente em Manaus nas últimas décadas. Observa-se ainda uma rápida difusão de equipamentos elétricos, sem a devida preocupação quanto à eficiência e uso racional dos mesmos.

POMPERMAYER (2000), faz uma análise das possibilidades e instrumentos de GLD (Gerenciamento pelo Lado da Demanda) em três centros urbanos da Região Amazônica (Manaus, Porto Velho e Macapá), onde o suprimento de energia apresenta custos elevados e dificuldades na expansão e/ou integração do sistema. O objetivo principal deste trabalho é investigar possíveis melhorias na eficiência energética residencial.

Ainda segundo POMPERMAYER (2000), a distribuição do consumo na cidade é desigual, Manaus apresenta a pior distribuição do consumo, 50% dos “mais pobres” (menor estrato de consumo) consomem apenas 20% de todo o consumo. Por outro lado, apenas 5% dos “mais ricos” (maior estrato de consumo), consomem mais que 20% do consumo. Ou seja, uma metade da população sobrevive com 20% de toda a energia elétrica destinada ao setor residencial e a outra fica com o restante 80%.

As pesquisas de TOLMASQUIM et al. (1998) mostram que a intensidade elétrica¹ residencial na faixa entre 0 e 30 kWh/mês cresceu nas regiões norte, nordeste e centro-oeste. Este aumento pode ser explicado pelo número de equipamentos eletro-eletrônicos e pela qualidade de vida. Já na faixa acima de 1000 kWh/mês, ocorreu um decréscimo em todas as regiões, podendo em grande parte ser explicado pela substituição de equipamentos antigos por outros novos e mais eficientes. Fato que ocorre também nas demais faixas, sendo que de maneira menos intensa.

O grande problema deste perfil é a transferência de parte da ineficiência das faixas mais altas para as mais baixas. Pois, os equipamentos adquiridos pelos usuários das faixas inferiores são geralmente equipamentos de “segunda mão”, com menores índices de eficiência energética e possivelmente adquiridos dos usuários das faixas superiores.

Em levantamento de dados sobre o número médio de equipamentos por residência realizado por JANNUZZI et al. (1999) na cidade de Manaus, verificou-se também que entre os domicílios amostrados os de maior índice são os ventiladores, seguidos pelos televisores, geladeiras, freezer, lavadora de roupa e ar condicionado. Conforme dados do PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), no período de 1988 a 1996 o índice de posse de equipamentos como o ar condicionado, por exemplo, quase triplicou na cidade de Manaus.

POMPERMAYER (2000), mostra em suas pesquisas que na cidade de Manaus a maior concentração do uso de ar condicionado encontra-se na classe alta, seus índices chegam a 55% do consumo e 65% da demanda máxima residencial. Quanto à localização, a maioria está instalada no(s) dormitório(s), indicando que o seu uso ocorre com mais frequência durante a noite. Outro equipamento representativo no consumo residencial da cidade é o ventilador, responsável por 12,4%, porém com índices menores nas classes mais elevadas. O autor chama atenção para o detalhe importante de que na cidade apenas o ar condicionado e o refrigerador são responsáveis por 40% do consumo e que em termos de uso final, apenas duas

¹ Indicador que mede o consumo de eletricidade per capita.

categorias (climatização e refrigeração) totalizam quatro equipamentos (ar condicionado, ventilador, freezer e refrigerador), representando quase dois terços do consumo total.

De acordo com GELLER (1991), o total de vendas de aparelhos de ar condicionado de janela no Brasil foram em média de 380.000 aparelhos/ano durante 1985-1987, quase duas vezes o nível de vendas do final da década de 70 e começo de 80. A maior parte destas vendas se concentrou na região Norte, embora seja uma região pobre, o clima quente e úmido favoreceu as vendas.

Para o Brasil como um todo, houve um aumento significativo da participação do setor residencial no consumo de energia elétrica total, devido à expressiva redução do uso da lenha (TOLMASQUIM et al.,1998). Porém, sua participação caiu de 33,3% em 2000 para 30,3% em 2001, devido ao racionamento de eletricidade (MME, 2003).

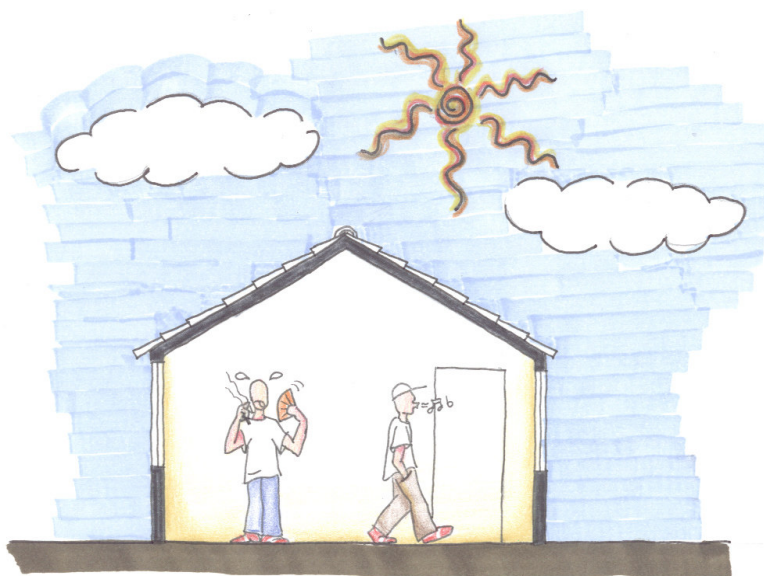
Segundo JANNUZZI et al. (1997), em Manaus o consumo de energia tem se elevado a taxas maiores das observadas no restante do país, pois o perfil de consumo residencial tem se caracterizado por apresentar um elevado índice por consumidor, quando comparado com outras regiões do país.

Um fator de grande importância para a cidade é procurar soluções técnicas que possam ser utilizadas para prover uma melhor eficiência dos equipamentos e instalações, assim como também atuar em melhorias dos códigos de construção que garantam usos de materiais, técnicas e padrões construtivos que favoreçam o conforto interno e reduzam a necessidade do uso contínuo de condicionamento e ventilação, assim como medidas urbanísticas que favoreçam a inter-relação entre os fatores ambientais e os espaços construídos, pois de acordo com pesquisas de AHMED (2003), o excessivo calor externo contribui para aumentar a preferência por diminuir a temperatura de conforto interno, o que resulta em um aumento na demanda de energia da cidade.

Sobretudo, ainda falta muita informação aos consumidores sobre as possibilidades e vantagens do uso eficiente de eletricidade, o que em muitos casos é confundido com simples reduções do consumo absoluto de energia influenciando em resultado final com menores rendimentos e bem-estar.

CAPÍTULO 03

METODOLOGIA



3 – Metodologia utilizada

3.1 – Introdução

Este capítulo apresenta o método utilizado para análise do estudo de caso, sendo dividido em duas etapas:

Na primeira etapa são realizadas a caracterização do Ano Climático de Referência (TRY) e a construção da carta bioclimática com o objetivo de conhecer as estratégias bioclimáticas indicadas para a cidade, bem como os períodos com maior e menor probabilidade de conforto e desconforto para a cidade.

Na segunda etapa são realizadas investigações destas estratégias indicadas em edificações residenciais localizadas na cidade e também do consumo de energia das mesmas. Optou-se então por dividir esta etapa em dois tópicos: um com o objetivo de avaliar o desempenho térmico das residências em suas condições reais de uso, assim como as preferências de satisfações térmicas de seus usuários e o outro, através de um levantamento do consumo mensal de energia elétrica de duas residências (residência 01 e 02).

3.2 – Carta bioclimática para Manaus

3.2.1 – Dados utilizados

Para a construção da carta bioclimática da cidade foram utilizados dados climáticos horários do período de 16 anos (1982 a 1997) da cidade de Manaus, registrados na estação meteorológica do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes, adquiridos através de uma base de dados do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEEE/UFSC).

Dentre as variáveis registradas pela estação, foram utilizados os valores referentes às temperaturas de bulbo seco (TBS) e de bulbo úmido (TBU), para análise do TRY e velocidade e direção dos ventos para a caracterização climática da cidade.

3.2.2 – Tratamento dos dados coletados

O tratamento dos dados iniciou-se com a eliminação de dados que não eram referentes às horas inteiras com auxílio de uma planilha eletrônica, que também

verificou os dados ausentes e pela interpolação dos existentes os complementou constituindo desta forma uma base de dados para as 8760 horas do ano.

Quando o intervalo de dados ausentes era maior que cinco horas, foi necessária a análise de dias anteriores e posteriores a este e em seguida os dados foram completados pelos referentes ao mesmo horário e que seguissem a mesma tendência das variações do dia.

Em seguida converteu-se as TBS em Kelvin (K) para graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) e as TBU em umidade relativa (UR), também com auxílio de planilha eletrônica baseada nas normas da ASHRAE (1997).

Este procedimento de cálculo foi executado para cada um dos 16 anos. Para a determinação do TRY foi empregada a metodologia desenvolvida por STAMPER (1977) e utilizada por GOULART et al. (1997), que se baseia na eliminação de anos de dados, os quais contêm temperaturas médias mensais extremas (altas ou baixas). Os meses são classificados segundo sua importância para cálculo de energia e listados em ordem de prioridade para eliminação dos extremos até que reste apenas um ano.

O processo de obtenção do TRY consiste em:

Obtêm-se as médias mensais para o período de anos disponíveis;

Obtêm-se as médias das médias mensais;

Identificam-se e classificam-se os meses mais quentes e mais frios;

Elimina-se o ano que possui o mês cuja média das médias mensais é a maior, este é o mais quente;

Em seguida elimina-se o ano que possui o mês cuja média das médias mensais é a menor, este é o mais frio;

Repete-se o processo até que reste apenas um ano, o TRY.

Em seguida, com os valores de temperatura e umidades das 8.760 horas do TRY, utiliza-se o programa *Analysis Bio* desenvolvido pelo LABEEE/UFSC (Figura 3.1), onde os dados são plotados sobre a carta psicrométrica. Este procedimento possibilita a visualização do comportamento climático da cidade ao longo do ano de referência (TRY), as estratégias mais apropriadas para a cidade e a porcentagem de horas do ano em que há maior probabilidade de conforto ou de desconforto térmico.

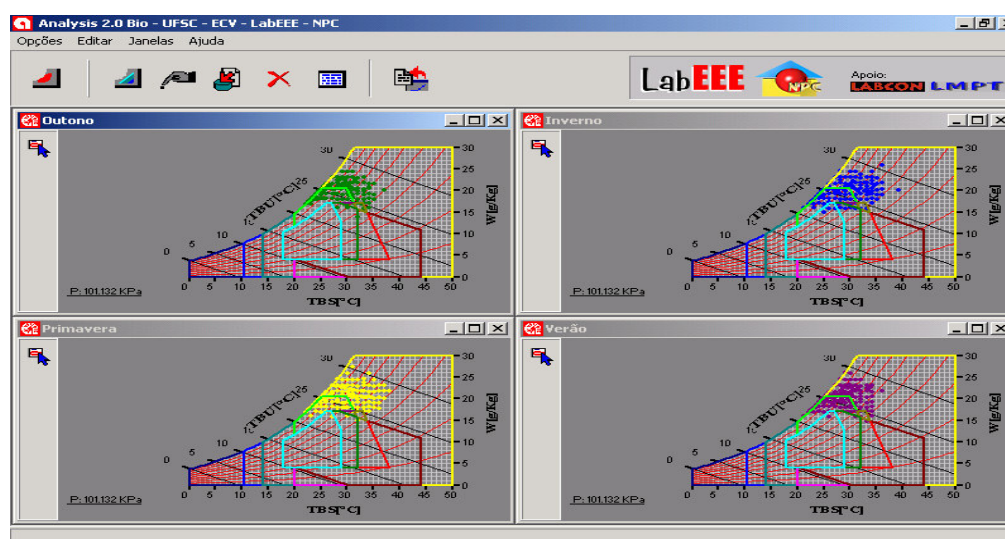


FIGURA 3.1 – Programa Analysis Bio – Carta Bioclimática para Manaus por estações do ano

3.3- Metodologia para o estudo de caso

Depois de conhecidas as características climáticas e as estratégias indicadas para favorecer o conforto térmico em Manaus, foram realizadas investigações das mesmas através da análise de desempenho térmico em edificações residenciais, monitorando dados de temperaturas do ar (TBS) e a umidade relativa (UR). Bem como, o levantamento dos dados de sensações e preferências térmicas dos seus usuários, dados de consumo mensal de energia e de posse e hábitos de uso de equipamentos utilizados para ventilação e resfriamento destas residências.

3.3.1 - Coleta dos dados de TBS e UR – Desempenho térmico.

Para a análise do desempenho térmico, foram escolhidas quatro residências localizadas em áreas distintas da cidade de Manaus. Para a monitoração dos dados de TBS e UR, foram escolhidos em média três ambientes por residência em virtude da disponibilidade dos equipamentos a serem utilizados nas medições. Como critério, foi dada a preferência para os ambientes mais freqüentados pelos moradores, supondo serem os mais confortáveis.

Outro critério foi de evitar a exposição direta dos equipamentos à radiação solar e lugares que pudessem representar de forma significativa a temperatura do ambiente.

Em geral, os ambientes monitorados foram os dormitórios, salas de estar, copa/cozinhas e eventualmente algum outro ambiente de grande utilização dos moradores.

3.3.1.1 - Equipamentos utilizados

A aquisição dos dados de TBS e UR foi realizada com auxílio de equipamentos eletrônicos chamados “HOBO® Temp Data Logger da Onset Computer Corporation” (Figura 3.2 e Figura 3.3), diferenciados em dois tipos, um para medição de temperatura do ar, chamado de agora em diante de “hobo TEMP” e outro para umidade do ar, “hobo UR”; foram utilizados 12 hobos TEMP e 4 hobos UR. Em cada residência foram dispostos três hobos TEMP e um hobo UR, com exceção da residência 04, onde pela pouca dimensão só foi possível a disposição de dois TEMP.



FIGURA 3.2 - Hobo para medições de temperatura – hobo TEMP.

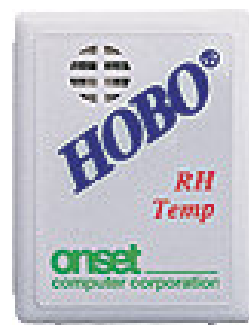


FIGURA 3.3 - Hobo para medições de temperatura e umidade – hobo UR.

Os hobos TEMP caracterizam-se por operarem na faixa de temperatura de -40°C a +120°C e armazenarem valores de -40°C a +75°C. Estes hobos trabalham na faixa de 0 a 95% de umidade relativa, desde que não ocorra condensação e quanto a precisão, na faixa de 20°C a 40°C, é de 0,7°C e a resolução nesta mesma faixa é de 0,4K a 0,5K.

Quanto aos hobos UR, operam entre temperaturas de 5°C a 50°C e apresentam a precisão de $\pm 5\%$.

3.3.1.2 – Período proposto para a coleta de dados

A coleta de dados foi realizada entre os meses de janeiro e março de 2002, característicos da estação de “inverno regional” da cidade, com chuvas abundantes

em média 280 mm ao mês, temperatura média de 26,5°C e 87% de umidade relativa, de acordo com as normais do INMET do período de 1961 a 1990.

3.3.1.3 – Procedimentos utilizados para a coleta de dados.

Antes da colocação dos hobos TEMP nas residências, todos foram numerados para facilitar a identificação e aferidos colocando-os ligados dentro de uma caixa de isopor. Após 1 hora, os equipamentos foram retirados da caixa e conectados ao computador para que os dados registrados fossem gravados com auxílio do programa *Box Car Pro 4.0*, que forneceu automaticamente os gráficos das variações dos dados medidos, para então serem analisados os comportamentos de cada um deles. Fez-se também uma verificação da dispersão dos valores medidos (Figura 3.4) e em seguida os hobos foram divididos em grupos de três, sendo os que apresentaram melhor concordância entre si foram utilizados para monitorar a mesma residência.

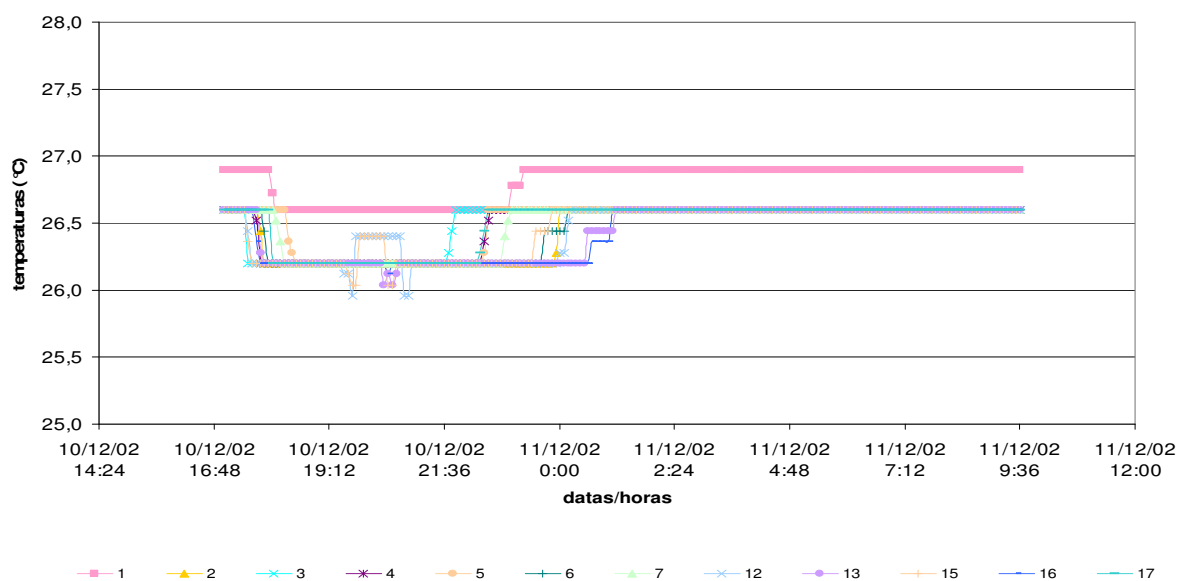


FIGURA 3.4 – Verificação da dispersão das temperaturas medidas durante a aferição dos hobos.

Os hobos UR não foram aferidos da mesma forma, eles apenas foram ligados e verificados se estavam medindo corretamente. Após este procedimento, foi constatado erro nas medições de um deles, pois os valores correspondiam à umidade relativa aproximada de 50%, não correspondendo a realidade do clima da cidade. Desta forma, este hobo foi eliminado e proposto o deslocamento de um destes

equipamentos de uma residência para outra durante o período das medições. Portanto, durante alguns dias, não foram registrados dados de umidade em uma das residências.

O período de coleta de dados teve início no dia 03 de janeiro de 2002, quando os hobs foram programados para aquisição de dados no intervalo de 15 em 15 minutos. No dia 18 do mesmo mês, foram retirados os equipamentos de todas as residências e após análises dos dados medidos foi constatada a pouca variação de TBS e UR para o intervalo programado. Desta forma, foi proposta a aquisição no intervalo de 30 em 30 minutos e no dia 23 foram recolocados com a nova programação.

Os hobs foram fixados em alguns móveis das residências, a uma altura variável de 0,60 a 0,75m quando colocados nos dormitórios (Figura 3.5), já que a atividade principal deste ambiente é dormir e/ou descansar; e de 0,90 a 1,00, quando dispostos em salas ou escritórios (Figura 3.6) onde as atividades são realizadas geralmente na posição sentada. Em ambos os casos, os hobs foram dispostos de modo a não interferirem nas atividades dos moradores.

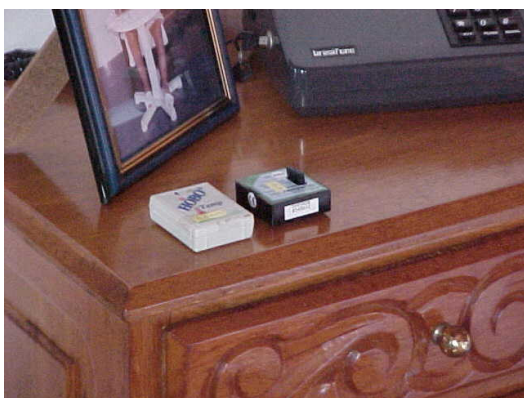


FIGURA 3.5 – Hobos de temperatura e umidade – dormitório da residência 01.



FIGURA 3.6 – Hobo de temperatura – estar da residência 02.

Durante as medições, foram realizadas visitas para monitoramento dos equipamentos, quando foi observada a necessidade da disposição de mais um hobo na residência 03 no ambiente escritório/biblioteca devido a sua grande utilização.

Após 30 dias, os hobs foram novamente retirados para a extração dos dados medidos e recolocados em seguida. Este procedimento foi repetido mais duas vezes na residência 1,2 e 3 e somente mais uma vez na 4, pois os moradores entraram em

férias no mês de março, o que impossibilitou a sua monitoração. No dia 31 de março foi finalizada a coleta dos dados nas residências.

Um relatório denominado “diário climático” (Apêndice A) foi elaborado para o registro de ocorrências de precipitações, seus respectivos horários e ainda de eventuais fenômenos meteorológicos que pudessem contribuir para alterações no desempenho térmico das residências.

3.3.1.4 – Tratamento dos dados coletados

Com o auxílio de macros desenvolvidas no programa Excel, os dados coletados em fração de horas foram transformados em médias horárias, através do cálculo de média simples para cada dia medido. Em seguida os dados foram separados por meses.

A análise das residências em suas condições reais de uso será em três etapas: na primeira, serão comparados os dados horários de temperaturas das residências e da estação meteorológica e posteriormente, os dados das temperaturas máximas, mínimas e médias por faixas de horários (08:00 - 12:00; 13:00 - 18:00; 19:00 - 22:00 e 23:00 - 07:00). A análise será baseada na identificação das horas em que ocorrem as temperaturas extremas e levando em consideração o regime de ocupação e as características construtivas dos envelopes de cada residência. Para esta análise é necessária a utilização do “diário climático” para verificação dos dias em que ocorreram precipitações.

As faixas de horários foram divididas baseando-se nos comportamentos e hábitos observados nas residências com o objetivo de verificar as diferenças dos desempenhos térmicos de cada ambiente nestas faixas.

Na segunda etapa, serão comparados os ambientes de cada residência e verificados seus desempenhos térmicos utilizando o método do somatório dos graus hora, horas em desconforto e desvio médio das temperaturas. Para esta análise foi utilizada a temperatura base de 26,5°C proposta por GONZALEZ et al. (1986) (ver Tabela 2.1) para altas taxas de umidade do ar, de acordo com suas pesquisas no clima de Maracaibo, cidade com características semelhantes às de Manaus.

O somatório dos graus hora é determinado a partir de uma temperatura base e depois somado as temperaturas que excedam ou estejam abaixo dela, resultando as horas em que é necessário o resfriamento ou o aquecimento (horas em desconforto).

O desvio médio das temperaturas, segundo PAPST e LAMBERTS (2002) é a razão do somatório de graus hora pelo número de horas acima ou abaixo da temperatura base e permite conhecer o quanto em média as temperaturas estariam acima da temperatura base estipulada.

Na terceira etapa, os dados horários referentes às umidades relativas das residências e da estação meteorológica serão analisados baseando-se nos valores de umidades médias, desvio padrão, máxima e mínima e também verificando os fatores de maior influência para a menor e/ou maior porcentagem de umidade relativa nos ambientes.

3.3.2- Coleta de dados – Macroclima da cidade

Através do Serviço Regional de Proteção ao Voo de Manaus (SRPVMN) da Aeronáutica, foram adquiridos dados climáticos horários medidos na estação meteorológica do Aeroporto Internacional Eduardo Gomes, localizada a 82 metros acima do nível do mar, 03° 02' de latitude sul e 60° 02' de longitude oeste.

Esta medida foi tomada por não ser possível a colocação de hobs na parte externa de cada residência, por problemas de segurança e para melhor conservação dos equipamentos já que o período das medições é característico de chuvas constantes.

Esta análise pode conter algumas variações em relação às incertezas provenientes das características da topografia, altitude e distâncias em relação ao aeroporto e às residências a serem analisadas. Porém, não será objetivo desta dissertação investigar estas incertezas.

3.3.2.1 – Procedimentos utilizados para coleta de dados

Os arquivos com os dados climáticos horários foram fornecidos pelo SRPVMN no final de cada mês. Inicialmente foram verificados se haviam dados inválidos e/ou

ausentes nos arquivos. Posteriormente, foram eliminados os dados inválidos que não correspondiam às horas inteiras. Não foi observada a ausência de dados.

3.3.2.2 - Tratamento dos dados coletados

Os dados horários de temperatura e umidade registrados na estação meteorológica foram analisados e comparados com o TRY da cidade, para verificação do comportamento climático da cidade e se ocorreram ou não situações atípicas em relação ao TRY.

Os dados do período de medição foram plotados na carta bioclimática proposta por GIVONI (1992a) para verificação das estratégias indicadas e em seguida comparadas às correspondentes ao TRY para a verificação de possíveis mudanças ocorridas.

Para a caracterização mais completa dos meses de medições, foram comparadas também as médias, máximas, mínimas e frequências das temperaturas e das umidades relativas, assim como análises das frequências de ocorrência das direções dos ventos por quadrantes.

3.3.3 - Coleta de dados - Sensações e preferências térmicas.

Para o registro dos dados de sensações térmicas dos usuários das residências foram utilizados alguns questionários (Apêndice B) elaborados baseando-se na escala sétima da ASHRAE (1993) e nas pesquisas de XAVIER (1999) e MACIEL (2002); com o objetivo de adquirir informações sobre as sensações térmicas dos usuários nas residências, identificar suas preferências em relação à utilização ou não de equipamentos para ventilação e resfriamento e às condições de conforto das mesmas.

3.3.3.1 - Procedimentos utilizados para coleta de dados

Os questionários foram entregues uma vez por mês aos moradores de cada residência com data marcada para devolução, pois em virtude das atividades de cada um, ficou difícil marcar as entrevistas. Alguns moradores sentiram a necessidade de um acompanhamento durante as respostas para explicações sobre o questionário e outros entregaram posteriormente.

3.3.3.2 – Tratamento dos dados coletados

As informações referentes às preferências e sensações de conforto foram comparadas com as análises dos desempenhos térmicos das residências, com o objetivo de identificar as características positivas dos envelopes e verificar as opiniões de satisfação ou não dos usuários.

3.3.4 – Coleta de dados – Consumo mensal de energia elétrica, posse e hábitos de consumo (Residência 01 e Residência 02).

Foi realizado o levantamento dos dados de consumo correspondente a apenas duas das residências investigadas – residências 01 e 02. Este procedimento não foi possível nas outras residências em virtude das famílias permanecerem maior parte do tempo fora.

Para análise do padrão de consumo das mesmas em diferentes épocas do ano foram utilizadas as faturas mensais fornecidas pelos moradores e posteriormente, a fim de verificar o perfil de consumo por usos finais das residências escolhidas, foi realizado outro levantamento de dados baseado em três aspectos: primeiro sobre a posse de eletrodomésticos, seguidos dos hábitos de consumo e da consciência quanto à utilização racional de energia.

Para tanto, foi utilizado um questionário (Apêndice C) baseado na pesquisa realizada por BLASCO LUCAS et al. (2001) que tem como parâmetro analisar frequência de utilização dos ambientes, os que são considerados mais confortáveis termicamente e a conscientização do uso eficiente de energia por cada morador.

O questionário é composto por perguntas relacionadas à utilização ou não de alguns equipamentos, tempo e frequência de uso, idade dos mesmos, padrão de uso de acordo com as estações do ano e medidas tomadas para a economia e uso eficiente de energia elétrica em cada residência e foram aplicados somente uma vez em cada residência.

Como complementação da análise do consumo, foram realizadas medições do consumo real de alguns equipamentos presentes nas residências.

3.3.4.1 – Equipamentos utilizados

Para as medições de consumo dos equipamentos utilizado um medidor portátil de consumo de energia elétrica – *Yokogawa* (Figura 3.7), que fornece dados de voltagem, amperagem e consumo. Todos estes valores foram anotados para cada equipamento medido.



FIGURA 3.7 - Medidor portátil de consumo de energia elétrica – Yokogawa

3.3.4.2 - Procedimentos utilizados para coleta de dados

Para análise do consumo por residência, a quantidade de kWh consumidos em cada mês foi anotada para a elaboração de um histórico. Paralelamente, foram aplicados os questionários optando-se por escolher apenas um morador de cada residência para ser entrevistado, sendo aquele que mais utiliza os equipamentos ou que tem conhecimento de todas as atividades exercidas.

Após as análises dos questionários foram iniciadas as medições de consumo dos equipamentos mais utilizados nas residências, o que só pôde ser realizada parêlo por aparelho devido à disponibilidade de apenas um medidor portátil.

Para as medições foi necessário criar alguns critérios, por exemplo:

- Para medir o consumo dos ventiladores na residência 01, estipulou-se o período de uma hora de medição em função de seu funcionamento ser constante;
- Para equipamentos como a máquina de lavar, foi de suma importância determinar tempo necessário de uma lavagem completa, já que este equipamento funciona por ciclos;

- Não foram medidos os outros equipamentos existentes nas residências por serem de uso mínimo, como por exemplo: liquidificadores, espremedores de frutas, vídeo cassete, secadores de cabelo, aparelhos de som e rádios;
- Não foi medido o equipamento de ar condicionado da residência 02 do tipo split,, pois sua tomada embutida não pôde ser removida para permitir que fosse acoplado ao medidor portátil. Os dados de consumo foram retirados dos bancos de dados do INMETRO e do PROCEL;
- Não foi medido o chuveiro elétrico da residência 02, pois não havia como ligá-lo ao medidor portátil. Os dados de consumo foram retirados dos bancos de dados do INMETRO e do PROCEL;
- Para o cálculo do consumo da iluminação das residências adotou-se que ambas correspondem a 10% do consumo total;
- Todos os consumo medidos foram comparados com os dados dos bancos de dados do INMETRO, PROCEL e LABEEE/UFSC.

Os equipamentos medidos em ambas as residências foram: ar condicionado (residência 01), ventiladores, geladeiras, bebedouros, microondas, televisores, lavadoras e secadoras de roupa.

3.3.4.3 – Tratamento dos dados coletados

Para a análise das medições *in loco*, da estimativa do consumo das duas residências e obtenção dos dados de consumo dos equipamentos não medidos foram utilizados arquivos de banco de dados do LABEEE/UFSC, do PROCEL disponível em www.procel.gov.br e do Instituto Nacional de Metrologia (Inmetro) disponível em <http://www.inmetro.gov.br/>.

Foram montadas duas tabelas com os dados de consumo medidos, uma para residência 01 e outra para a 02 (Apêndice D e E). Quanto à configuração das mesmas adotou-se a seguinte ordem:

- Na primeira coluna de cada tabela especificou-se cada equipamento, nas seguintes as datas das medições, os tempos medidos e os dados

fornecidos pelo medidor portátil (tensão mínima e máxima, corrente mínima e máxima, potência mínima e máxima e consumo).

- Na décima primeira coluna foram inseridos os dados correspondentes ao tempo médio de uso de cada equipamento, que foram fornecidos pelos moradores tanto para o período de verão como para o de inverno.
- Nas colunas seguintes foram dispostos os consumos médios diários e mensais. Os consumos diários foram calculados multiplicando-se o consumo medido pelo tempo de uso do equipamento e os mensais multiplicando-se o consumo diário pela quantidade de dias do mês. Por exemplo o consumo do ventilador 01 da casa 01 (ver apêndice D):

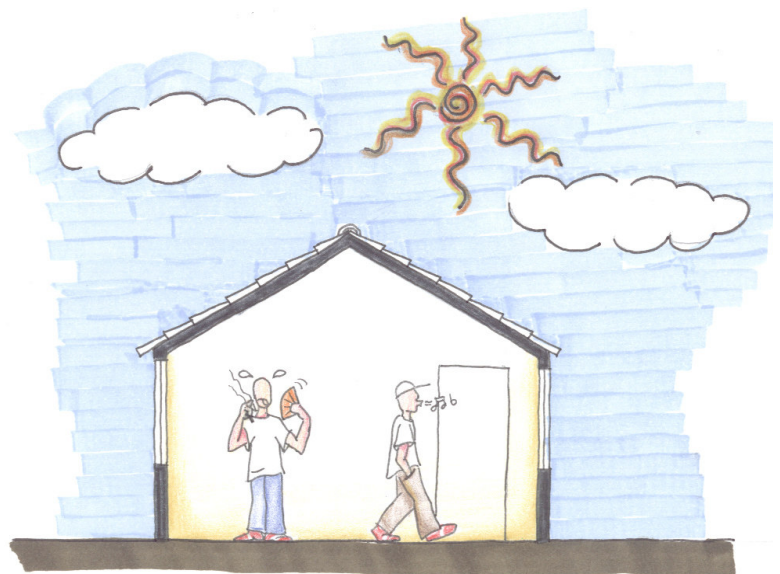
Diário: $0,083 \text{ kW}_{(\text{consumo em 1 hora})} \times 12 \text{ horas}_{(\text{tempo de uso diário})} = 0,996 \text{ kW}$

Mensal: $0,996 \text{ kW}_{(\text{consumo diário})} \times 30 \text{ dias}_{(\text{dias do mês})} = 29,88 \text{ kW}$

- Na última linha das tabelas foram dispostos os consumos totais mensais para o verão e para o inverno, calculados a partir da soma dos consumos mensais dos equipamentos utilizados. Na residência 01 os equipamentos de ar-condicionado são os únicos que não são utilizados no inverno e na residência 02 a utilização do ar-condicionado e do chuveiro elétrico é diferenciada no inverno.
- Nas duas últimas colunas das tabelas foram dispostas porcentagens aproximadas correspondente ao consumo de cada equipamento em relação ao consumo total das residências nos meses de verão e de inverno.

CAPÍTULO 04

ANÁLISE DOS RESULTADOS



4 – Análise dos resultados

4.1 – Introdução

Este capítulo apresenta o resultado das análises realizadas com os dados climáticos de TBS e UR monitorados nas quatro residências e também dos questionários aplicados aos moradores; assim como os dados de consumo de energia das residências 01 e 02.

Primeiramente foi feita a análise bioclimática para a cidade de Manaus utilizando a carta proposta por Givoni. Posteriormente, fez-se a caracterização climática do período da realização do estudo de caso - janeiro, fevereiro e março de 2002.

Para caracterizar o desempenho térmico de cada residência foram utilizados os dados de TBS e UR monitorados. Primeiro analisou-se a variação horária em cada mês, em seguida de dois dias caracterizados pela ocorrência ou não de precipitações e por último, baseando-se nos hábitos das famílias moradoras de cada residência, os dados das TBS foram separados por faixas de horários – 08:00/12:00, 13:00/18:00, 19:00/22:00 e 23:00/07:00 e analisados somente os meses de janeiro e fevereiro.

Com os dados de TBS de cada residência analisou-se também a quantidade de horas em desconforto e o desvio médio das temperaturas de cada ambiente, quando estas estavam acima da temperatura base estipulada de 26,5 °C, baseada nos estudos de GONZALEZ et al. (1986).

Utilizando as respostas dos questionários, as sensações e preferências térmicas dos moradores foram analisadas e por último com base nas contas de energia de cada residência e nos questionários referentes à posse e hábitos de consumo, analisou-se o consumo por uso final das residências 01 e 02 nos meses de verão e de inverno.

4.2 – Estratégias bioclimáticas para Manaus

4.2.1 – Ano climático de referência (TRY) e carta bioclimática para Manaus

O TRY adotado para a cidade de Manaus foi o ano de 1994, como sendo o que melhor caracteriza a sua realidade climática. Na Tabela 4.1 podem ser visualizadas as médias mensais dos 16 anos utilizados e nas tabelas 4.2 e 4.3, a sequência de classificação e de eliminação dos meses, de acordo com a metodologia para determinação do TRY (ver seção 3.2.2).

TABELA 4.1- Temperaturas médias mensais de 1982 a 1997.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1982	26.17	26.05	26.29	26.09	26.39	26.98	27.01	27.42	27.95	28.07	27.95	26.49
1983	28.60	28.59	27.79	27.01	27.75	27.02	27.71	26.79	27.47	26.65	27.50	25.95
1984	25.76	25.32	26.18	26.21	26.43	26.96	26.34	26.66	26.36	26.67	27.04	26.19
1985	26.53	26.17	26.42	27.01	26.12	25.98	26.01	26.54	27.34	27.32	26.62	25.94
1986	25.64	25.69	25.76	26.40	26.76	26.66	26.18	28.54	27.10	26.82	26.66	26.87
1987	26.01	26.47	26.93	26.56	27.20	26.81	27.94	27.76	28.33	28.57	27.59	27.36
1988	25.92	26.40	26.95	26.57	26.15	25.99	26.66	27.77	27.80	27.45	26.42	26.14
1989	25.90	24.62	25.48	25.72	25.51	25.85	25.78	27.35	27.45	26.48	26.85	27.14
1990	23.70	23.65	23.61	23.91	24.20	24.11	23.44	23.04	22.84	22.43	23.39	23.37
1991	26.17	26.69	26.36	26.25	26.58	27.28	26.96	27.16	28.17	27.67	28.63	27.75
1992	27.64	27.17	26.56	27.27	28.35	27.91	26.77	26.38	28.05	27.50	27.35	26.09
1993	25.86	26.03	25.76	26.24	27.41	27.45	26.81	26.84	27.64	26.70	26.60	26.54
1994	25.86	25.54	26.03	26.22	26.56	26.31	26.85	27.14	27.49	27.87	27.46	26.98
1995	26.92	27.15	26.68	26.58	26.68	27.46	27.86	28.67	28.11	27.76	26.85	26.57
1996	25.79	26.01	26.58	26.32	26.78	26.75	27.30	27.01	28.08	27.58	27.74	27.17
1997	26.84	26.46	26.65	27.29	27.29	28.33	29.13	28.51	30.04	30.18	28.75	28.52
MÉDIAS	26.21	26.13	26.25	26.35	26.64	26.74	26.80	27.10	27.51	27.23	27.09	26.57

TABELA 4.2 - Classificação dos meses.

Classificação			
Ordem de Importância	Classificação	TBS (°C)	MÊS E ANO
1	+ Q	30.04	SET/1997
2	+ F	23.65	FEV/1990
3	+ Q	28.57	OUT/1987
4	+ F	25.64	JAN/1986
5	+ Q	28.67	AGO/1995
6	+ F	25.48	MAR/1989
7	+ Q	28.63	NOV/1991
8	+ F	26.09	ABR/1982
9	+ Q	27.71	JUL/1983
10	+ F	25.94	DEZ/1985
11	+ Q	27.91	JUN/1992
12	+ F	26.15	MAI/1988
13	+ F	27.64	SET/1993
14	+ Q	25.32	FEV/1984
15	+ F	27.87	OUT/1994

TABELA 4.3- Sequência de eliminação dos meses.

Sequência de Eliminação	
1) SETEMBRO +Q	13) SETEMBRO +F
2) FEVEREIRO +F	14) FEVEREIRO +Q
3) OUTUBRO +Q	15) OUTUBRO +F
4) JANEIRO +F	16) JANEIRO +Q
5) AGOSTO +Q	17) AGOSTO +F
6) MARÇO +F	18) MARÇO +Q
7) NOVEMBRO +Q	19) NOVEMBRO +F
8) ABRIL +F	20) ABRIL +Q
9) JULHO +Q	21) JULHO +F
10) DEZEMBRO +F	22) DEZEMBRO +Q
11) JUNHO +Q	23) JUNHO +F
12) MAIO +F	24) MAIO +Q

A carta bioclimática para a cidade (Figura 4.1) indicou a ventilação natural e a utilização de sistemas de ar condicionado como as estratégias mais adequadas, em virtude das altas temperaturas, que em 65% dos dias variam entre 23°C e 28°C, conforme se observa na análise de freqüências de temperaturas (Figura 4.2).

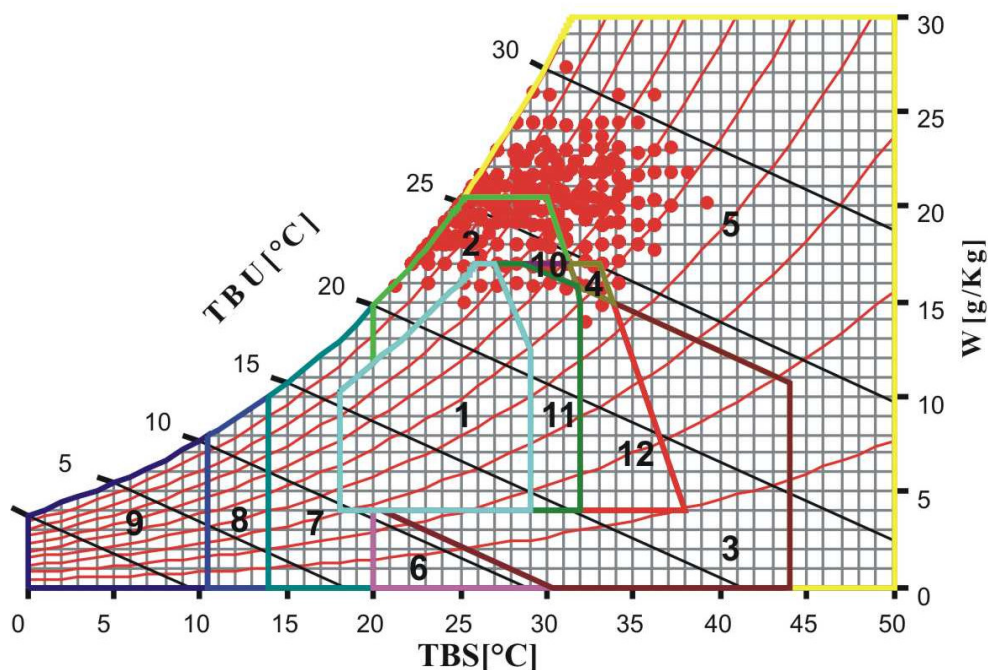


FIGURA 4.1 - Carta bioclimática com TRY da cidade de Manaus.

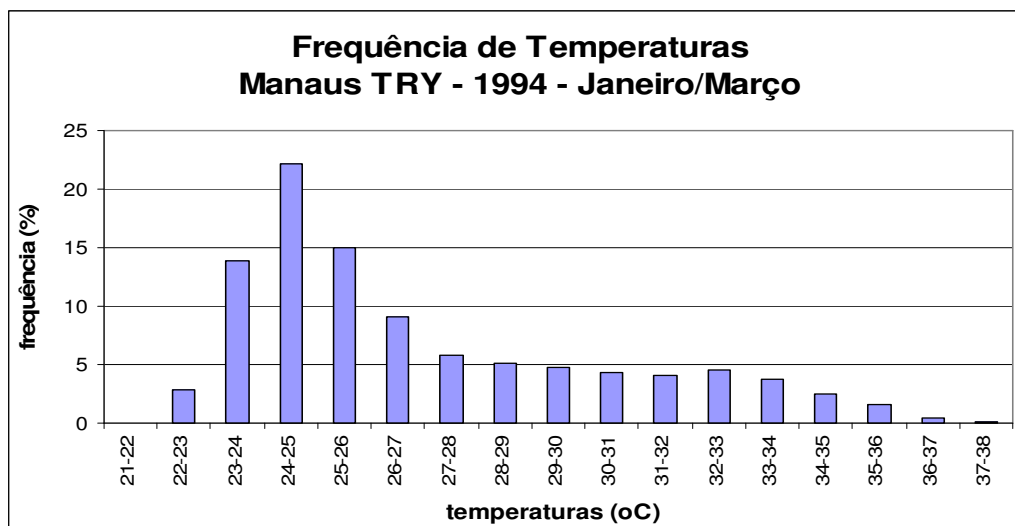


FIGURA 4.2 - Freqüência de temperaturas de bulbo seco do TRY de Manaus.

O relatório final emitido pelo programa Analysis Bio mostra que para Manaus o conforto térmico é praticamente ausente, representando 0,24% do total de horas do ano, e o desconforto por calor 99,7% (Tabela 4.4). Outra necessidade para obter-se

conforto nas edificações da cidade é o sombreamento, exigido em 100% das horas do ano, adequado para amenizar os efeitos da intensa radiação solar.

TABELA 4.4 - Relatório com as estratégias bioclimáticas para Manaus.

ANO: 1994				
Dia e mês inicial: 01/01		Dia e mês Final: 31/12		Total de horas: 8760
Pressão: 101.13 KPa				
CONFORTO				0,24%
DESCONFORTO	CALOR	VENTILAÇÃO	65,2%	99,77%
		RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	0%	
		MASSA TERMICA PARA RESFRIAMENTO	0,07%	
		AR CONDICIONADO	34,1%	
		UMIDIFICAÇÃO	0%	
		VENTILAÇÃO/ MASSA TÉRMICA	0,13%	
		VENTILAÇÃO/MASSA/RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	0,24%	
		MASSA/RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	0,03%	
SOMBREAMENTO				100%

Analisando as frequências de ocorrências dos ventos na cidade (Tabela 4.5), verificou-se que apesar da necessidade da ventilação natural em 65,2% das horas do TRY, havia a disponibilidade de ventos em apenas 28,6% das horas totais. Levando em consideração as características climáticas da cidade, já citada no item 2.1, a ventilação disponível e independente do horário é indispensável para favorecer o mínimo possível de conforto. A partir disto, em 36,6% das horas é necessário o uso de ventilação mecânica e ainda em 34,1%, de acordo com a tabela 4.4, o resfriamento artificial, o que representa um consumo significativo de energia elétrica para a cidade.

TABELA 4.5 - Direções e porcentagens de ocorrências de ventos.

D i r e ç ã o d o s v e n t o s	N ú m e r o d e h o r a s n o a n o	% h o r a s d o a n o	% d a s h o r a s c o m v e n t o
S e m v e n t o	6 2 5 5	7 1 . 4	-
N	4 4 7	5 . 1	1 7 . 8
N E	4 4 7	5 . 1	1 7 . 8
L	6 7 7	7 . 7	2 7 . 0
S E	2 9 9	3 . 4	1 1 . 9
S	2 1 0	2 . 4	8 . 4
S O	1 6 7	1 . 9	6 . 7
O	1 3 3	1 . 5	5 . 3
N O	1 2 5	1 . 4	5 . 0
T o t a l	8 7 6 0	1 0 0	1 0 0

Em relação às direções dos ventos, verifica-se a incidência de 27% de vento leste, 17,8% de norte e 17,8% de nordeste (Figura 4.3).

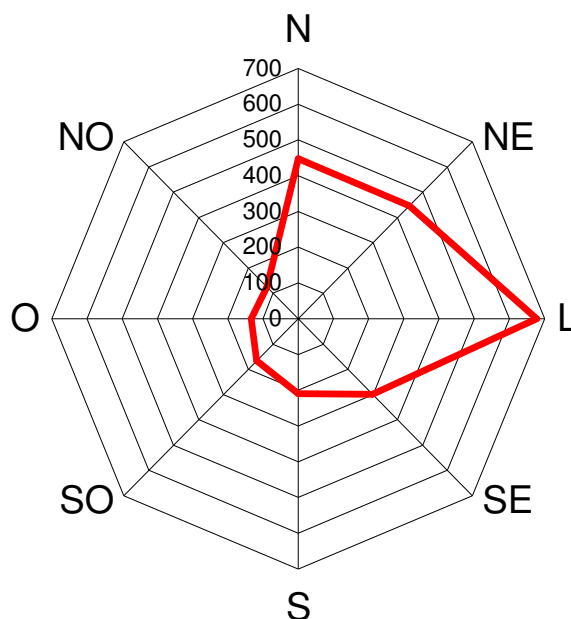


FIGURA 4.3 - Frequência de direções dos ventos por quadrantes

As figuras 4.4 e 4.5 mostram a variabilidade térmica diária de duas semanas do ano de 1994: do mês mais quente (setembro) e do mais ameno (fevereiro), de acordo com a análise do TRY. Em fevereiro nota-se uma maior variação das amplitudes, neste período ocorre também um aumento no índice de precipitações, amenizando um pouco as altas temperaturas. Em setembro ocorre o período mais seco do ano, as temperaturas são estacionais com menores índices de precipitações.

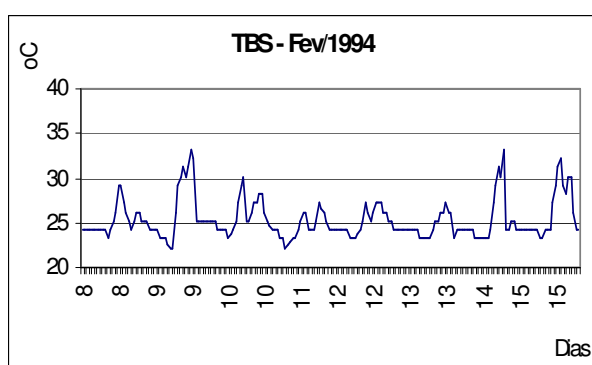


FIGURA 4.4 - TBS do dia 8 ao dia 15 de fevereiro do TRY, "inverno" de Manaus.

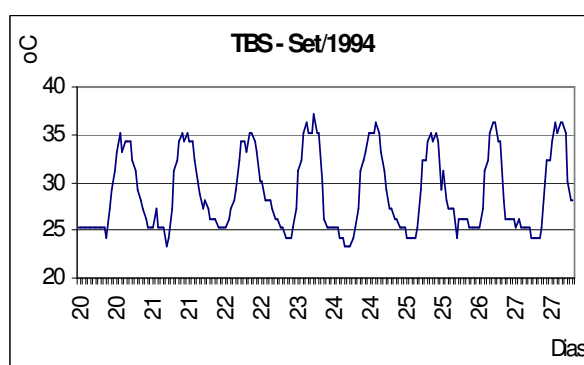


FIGURA 4.5 - TBS do dia 20 ao dia 27 de setembro do TRY, "verão" de Manaus.

O Analysis Bio fornece também o comportamento das amplitudes do TRY (Tabela 4.6), a máxima amplitude pode alcançar até 17°C no mês de junho, sendo que a média não ultrapassa 11°C no mês de agosto. Apesar da massa térmica para resfriamento representar menos de 1% do total de horas no ano, as amplitudes

indicam a possibilidade de uso desta estratégia com ventilação noturna, o que já era comum na arquitetura vernacular.

TABELA 4.6 – Amplitudes térmicas do TRY

Meses	Máxima	Média	Mínima
Jan	11	7,1	2
Fev	12	7,5	4
Mar	14	8,1	3
Abr	12	8,1	2
Mai	15	8,7	4
Jun	17	8,7	4
Jul	12	9,3	2
Ago	14	10,6	4
Set	14	10,3	5
Out	14	10,5	6
Nov	14	9,5	6
Dez	13	8,2	4

4.2.2 – Caracterização climática do período analisado e comparação com o TRY.

Durante o período de medições, de janeiro a março de 2002, as temperaturas médias diárias variaram entre 24°C e 28°C, assim como no ano de 1994 (TRY), conforme demonstrado no gráfico da figura 4.6. As temperaturas máximas de 2002 variaram na faixa de 28°C a 34°C, chegando a valores menores em apenas dois dias do mês de fevereiro e dois em março, em consequência da maior ocorrência de precipitações. Já no ano de 1994, as máximas variaram em uma faixa menor, de 26°C a 34°C, chegando a 36,2°C somente no dia 10 de março. Quanto às temperaturas mínimas a diferença foi muito pequena entre os dois anos, em 2002 variaram na faixa de 22 a 25°C e em 1994, de 22 a 24°C.

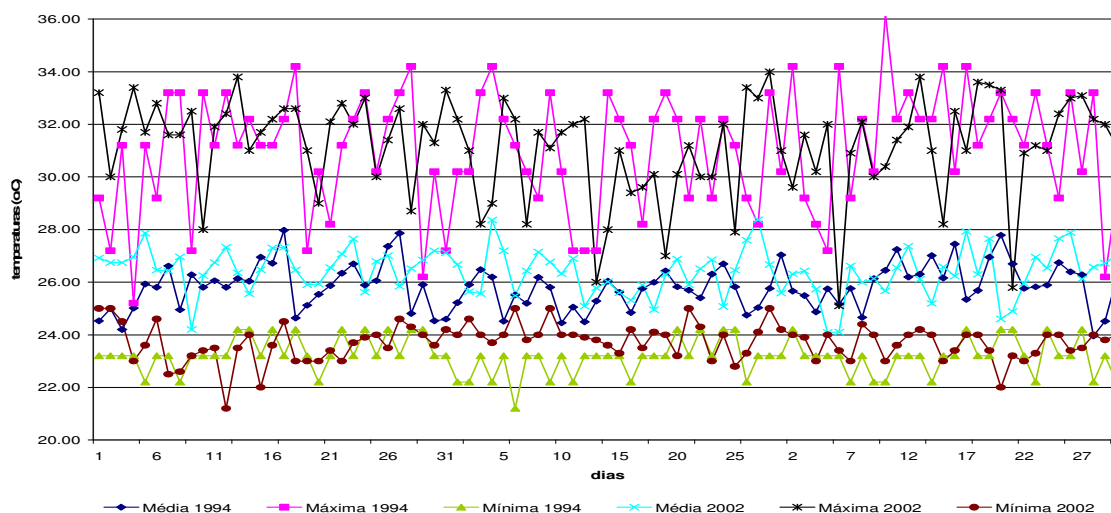


FIGURA 4.6 – Variações das TBS médias do período de janeiro à março de 1994 (TRY) e 2002..

Analisando a frequência da TBS (Figura 4.7) e da umidade relativa (UR) (Figura 4.8) durante o período de janeiro a março nos dois anos, pode-se observar que em 2002 as TBS variaram na faixa de 23 a 26°C em 57,5% das horas, enquanto que em 1994 ocorreu em 60,4%. Quanto às UR, no período correspondente a 2002 variaram na faixa de 95 a 100% em 61,7% das horas e em 1994 em 67,3%.

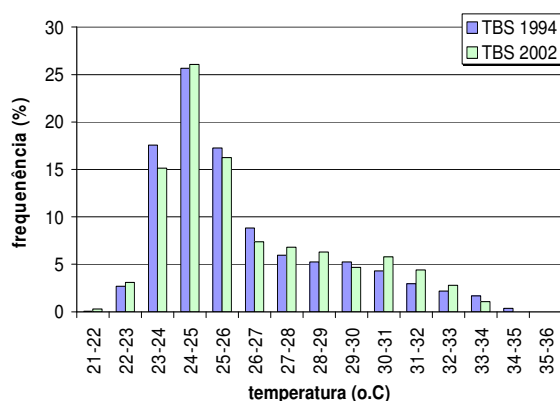


FIGURA 4.7 - Frequência de TBS de janeiro a março de 2002 e do TRY de Manaus.

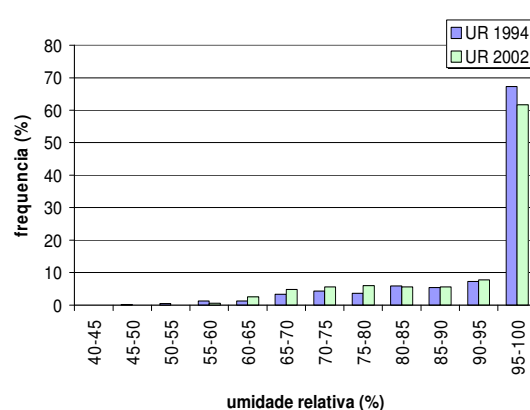


FIGURA 4.8 - Frequência de UR de janeiro a março de 2002 e do TRY de Manaus.

De uma forma geral, os dados do ano de 2002 não apresentaram características atípicas em relação ao ano climático de referência (1994), não sendo possível afirmar que houve algum tipo de modificação evidente.

Entre os meses monitorados, a característica principal foi a ocorrência ou não de precipitações, pois trata-se da estação de “inverno regional” da cidade, época em que é típico este fenômeno. O gráfico da figura 4.9 mostra a variabilidade térmica

diária de uma semana de fevereiro, o mês em que as mesmas ocorreram mais freqüentemente amenizando as altas temperaturas e as amplitudes térmicas. Enquanto que o gráfico da figura 4.10 mostra uma semana do mês de março, quando diminuíram as ocorrências, as temperaturas se elevaram em até 5°C e as amplitudes aumentaram.

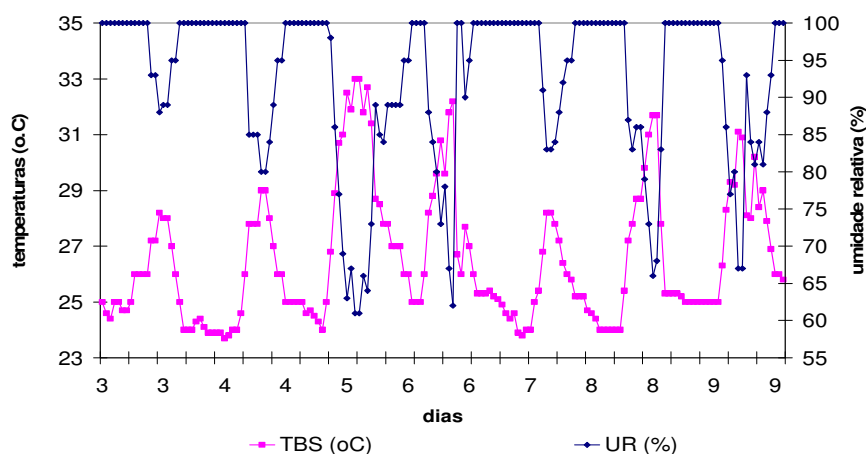


FIGURA 4.9 – TBS e UR dos dias 3 a 9 de fevereiro – período com ocorrência de precipitações.

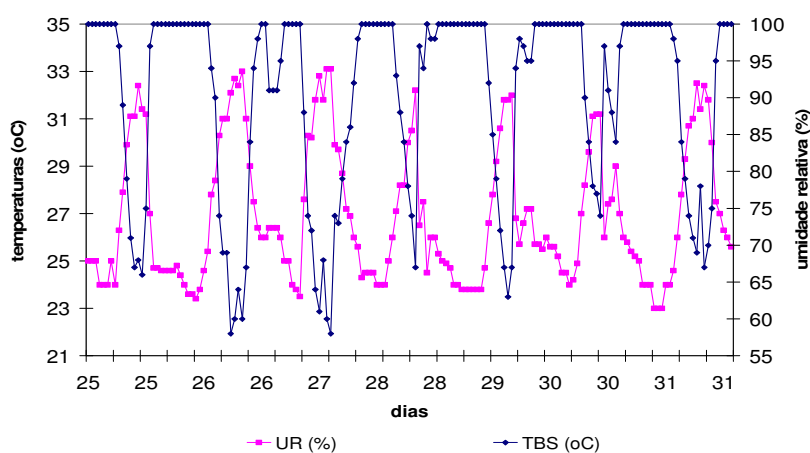


FIGURA 4.10 – TBS e UR dos dias 25 a 31 de março – período sem ocorrência de precipitações

Observa-se que em ambos os períodos a umidade relativa freqüentemente atinge a máxima de 100%.

Em relação às direções dos ventos, o período monitorado é caracterizado pela incidência de 15,61% de ventos norte, 32,3% de nordeste e 29,7% de leste (Figura 4.11).

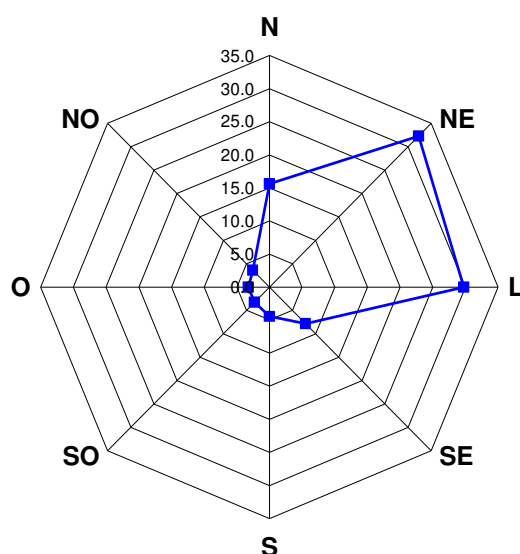


FIGURA 4.11 – Direções dos ventos por quadrante - janeiro à março/2002.

4.2.3 – Análise bioclimática do período em estudo

Utilizando a carta bioclimática de Givoni, os dados de TBS e TBU do período monitorado e provenientes da Estação Meteorológica foram plotados na mesma para conhecimento da porcentagem de horas em conforto e desconforto e ainda a porcentagem de cada estratégia requerida para alcançar conforto (Figura 4.12).

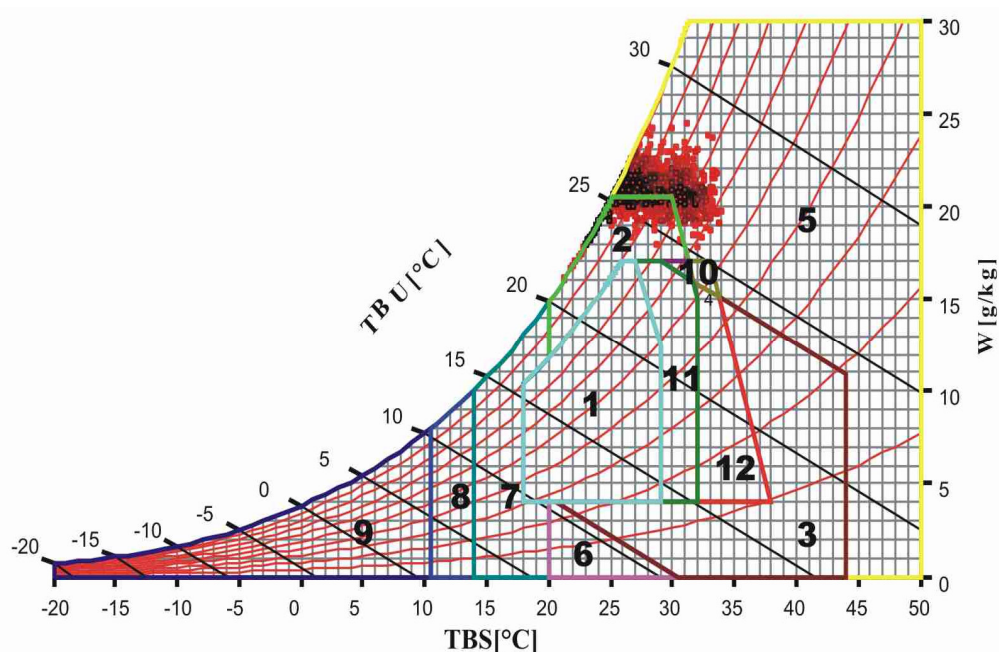


FIGURA 4.12 – Carta bioclimática – Dados de janeiro à março de 2002.

O relatório final emitido pelo programa Analysis Bio (Tabela 4.7) mostra que no período monitorado o conforto térmico é ausente e que o desconforto por calor está presente em 100% das horas. Para que seja possível favorecer o conforto na cidade é indispensável a ventilação em 59% das horas, a utilização de equipamentos de ar condicionado em 41% e o sombreamento em 100% das horas para amenizar os efeitos da intensa radiação solar e das temperaturas elevadas.

TABELA 4.7 - Relatório com as estratégias bioclimáticas para o período monitorado.

ANO: 1994				
Dia e mês inicial: 01/01 Dia e mês Final: 31/03 Total de horas: 2160				
Pressão: 100.34 KPa				
CONFORTO				0%
DESCONFORTO	CALOR	VENTILAÇÃO	59%	100.0%
		RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	0%	
		MASSA TERMICA PARA RESFRIAMENTO	0%	
		AR CONDICIONADO	41%	
		UMIDIFICAÇÃO	0%	
		VENTILAÇÃO/ MASSA TÉRMICA	0%	
		VENTILAÇÃO/MASSA/RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	0%	
		MASSA/RESFRIAMENTO EVAPORATIVO	0%	
SOMBREAMENTO				100%

As estratégias e condições de conforto resultantes desta análise refletem a realidade da cidade, porém estão baseadas nas considerações propostas por GIVONI, (1992a). Entretanto, não se pode desconsiderar que a população local é tolerante, está adaptada e aceita limites maiores de temperatura e umidade, o que pode modificar a porcentagem de horas de conforto. Para tanto é necessária uma pesquisa e/ou trabalho de campo para verificar as estratégias e as condições de aclimação da população, de modo a levantar questões e discutir os principais aspectos que envolvem a arquitetura bioclimática e o clima desta região.

4.3 – Estudo de caso – Desempenho térmico

4.3.1 – Localização das residências escolhidas na malha urbana da cidade

Foram escolhidas quatro edificações de uso residencial unifamiliar em virtude das diversidades quanto ao tipo de construção de cada uma, a preocupação ou não na concepção do projeto arquitetônico, as diferenças de hábitos de consumo, a posse

ou não de equipamentos de ventilação e resfriamento e principalmente pela facilidade em conhecer os moradores das residências, favorecendo o contato direto com os mesmos para a aplicação dos questionários, entrevistas e conhecimento de seus hábitos de consumo. A localização de cada residência escolhida pode ser observada na Figura 4.13.

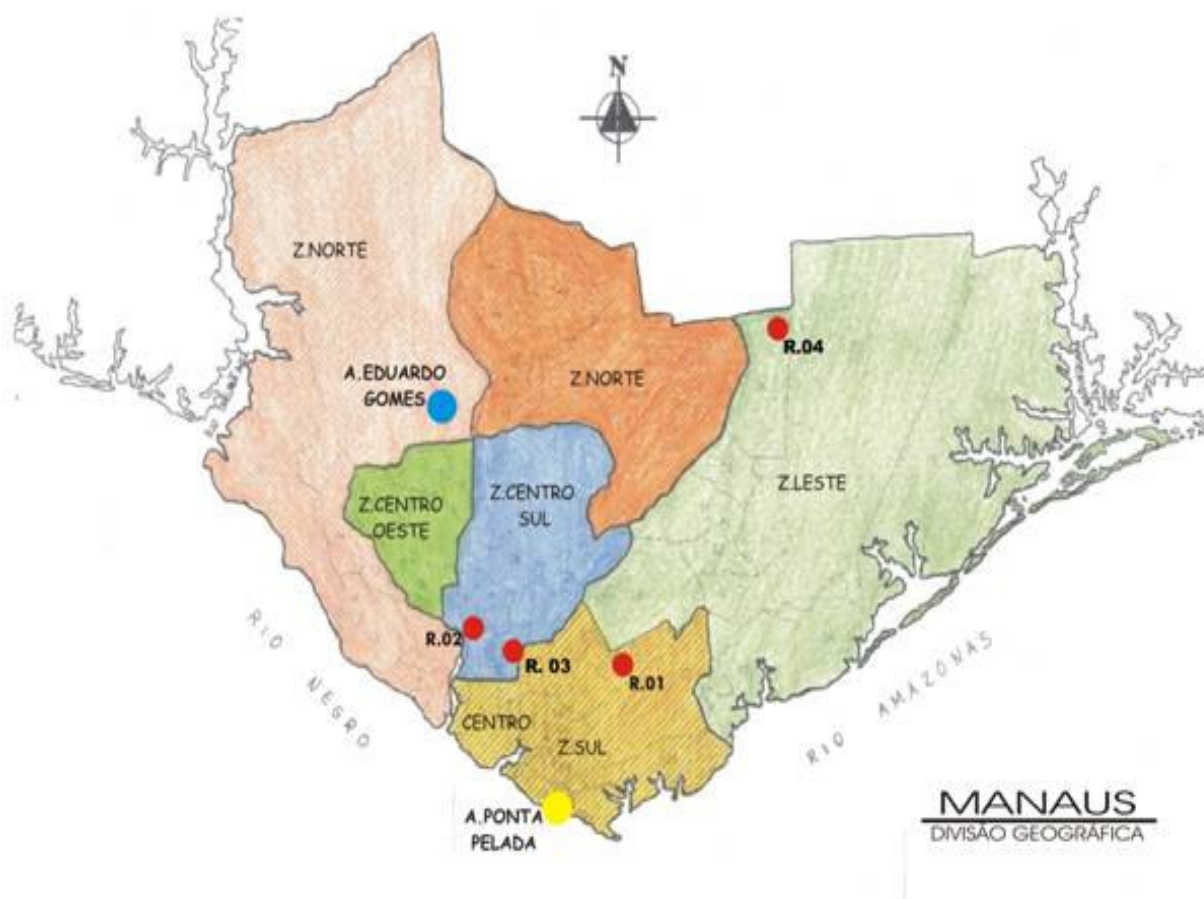


FIGURA 4.13 – Localização das residências escolhidas para monitoramento.

Para caracterizar as residências escolhidas, foram utilizados os parâmetros determinados nas pesquisas de BRAVO et al. (2000), de BLASCO LUCAS et al. (2001) e de MIHALAKAKOU et al. (2002) baseados nas informações de localização das residências na cidade, das suas formas, das suas orientações das fachadas, das áreas de construção, dos materiais construtivos, das tipologias e das dimensões das esquadrias, lâmpadas e equipamentos utilizados para resfriamento, ventilação e aquecimento.

Quanto à caracterização construtiva das residências escolhidas, ver tabela 4.8.

TABELA 4.8- Características construtivas das residências analisadas.

ESPECIFICAÇÃO	RESIDÊNCIA 01	RESIDÊNCIA 02	RESIDÊNCIA 03	RESIDÊNCIA 04
Tipo	Casa	Apartamento	Casa	Habitação de interesse social.
Paredes externas	Alvenaria em tijolos de oito furos e revestida com argamassa e pintada na cor branca. Espessura = 15 cm. $\lambda = 0,70 \text{ W/m}^2\text{C} (*)$	Alvenaria em tijolos de oito furos com revestimento cerâmico na cores bege e marrom. Espessura = 15 cm. $\lambda = 0,70 \text{ W/m}^2\text{C} (*)$	Alvenaria em tijolos de oito furos e revestida com argamassa e pintada na cor branca. Espessura = 15 cm. $\lambda = 0,70 \text{ W/m}^2\text{C} (*)$	Placas pré-fabricadas de concreto, pintadas na cor branca. Espessura = 6 cm. $\lambda = 0,17 \text{ W/m}^2\text{C} (*)$
Cobertura	Laje em concreto e telhas de fibrocimento, sem pintura. $\lambda = 0,65 \text{ W/m}^2\text{C} (*)$	Laje em concreto. $\lambda = 1,28 \text{ W/m}^2\text{C} (*)$	Telhas cerâmicas e isolamento com placas de isopor. $\lambda = 0,93 \text{ W/m}^2\text{C} (*)$	Telhas de fibrocimento, sem pintura. $\lambda = 0,65 \text{ W/m}^2\text{C} (*)$
Forro	Forro de madeira na suíte e na copa/cozinha. Laje no restante dos cômodos. $\lambda = 1,75 \text{ W/m}^2\text{C} (*)$	Rebaixo em gesso na suíte e estar. $\lambda = 0,35 \text{ W/m}^2\text{C} (*)$	Forro de madeira. $\lambda = 0,15 \text{ W/m}^2\text{C} (*)$	Sem forro.
Janelas	Quatro folhas de correr (duas móveis e duas fixas) em alumínio na cor natural e vidro. Sem venezianas.	Duas folhas de correr, em alumínio anodizado na cor bronze e vidro. Sem venezianas.	Quatro folhas deslizantes em madeira e vidro (fachada nordeste) e do tipo maxilar (fachada sudoeste), ambas sem venezianas.	Duas folhas móveis com venezianas em ferro (janelas do tipo sasazaki).
Portas Internas	Madeira maciça	Madeira maciça	Madeira maciça	Não há portas.
Portas Externas	Quatro folhas (duas móveis e duas fixas), em ferro e vidro. Sem venezianas.	Uma folha lisa em madeira maciça. Sem venezianas.	Uma folha lisa em madeira maciça (porta principal), Uma folha lisa em madeira e vidro (quartos) e as demais com venezianas em madeira.	Uma folha em ferro (porta tipo sasazaki).
Piso	Revestimento cerâmico.	Revestimento cerâmico.	Revestimento cerâmico, madeira no estar e carpete no escritório.	Cimentado, sem pintura.

(*) fonte: FROTA, A.B., SCHIFFER, S.R.

4.3.2 – Caracterização da residência 01.

A primeira residência escolhida está localizada à zona sul da cidade de Manaus, no conjunto residencial 31 de março, no bairro Japiim II, de acordo com zoneamento da cidade (Figura 4.13).

Sua área construída é de aproximadamente 180m², em um terreno em declive, onde se distribuem apenas a garagem no primeiro nível e o estar, jantar, cozinha,

dois quartos, sendo uma suíte, banheiro e área externa no segundo nível. Os hobs foram colocados nos ambientes de maior utilização dos moradores, o hobo 01 na suíte do casal, o hobo 02 no quarto e o hobo 03 no ambiente onde estão dispostos a cozinha e a sala de jantar (Figura 4.14).

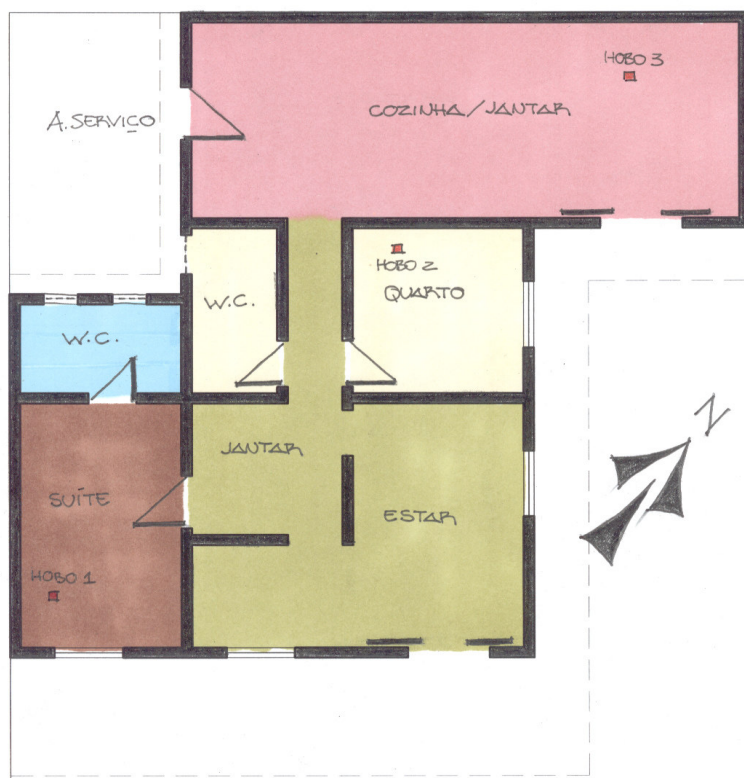


FIGURA 4.14 – Croqui esquemático da residência 01.

Em relação ao maior eixo desta residência, ela possui orientação noroeste-sudeste, ficando a suíte em posição desprivilegiada, à oeste. A fachada principal tem orientação sudeste, protegida por um beiral de aproximadamente 1,80 m (Figuras 4.15 e 4.16).



FIGURA 4.15 - Fachada principal – orientação sudeste.



FIGURA 4.16 - Fachada lateral – orientação nordeste.

A residência possui vizinhos em todas as orientações, mas a proximidade não causa grandes influências, pois estão localizadas em níveis mais baixos que o da residência em estudo.

Na concepção deste projeto arquitetônico não houve uma preocupação específica por parte dos moradores para obter um melhor desempenho térmico, pois se trata de uma residência localizada em um conjunto habitacional construído para famílias de média/baixa renda, onde todas as unidades têm as características padronizadas. Por outro lado, após a sua reforma e ampliação foi incluindo ao projeto original uma suíte e uma outra copa/cozinha e todas as esquadrias que antes eram em madeira foram trocadas por outras com dimensões maiores e em alumínio e vidro, com o objetivo de favorecer a ventilação interna e a iluminação natural.

Os moradores fazem pleno uso da residência durante todo o dia e fins de semana e para obterem conforto térmico interno, utilizam aparelhos de ar condicionado somente durante os meses mais quentes (julho a novembro) e ventiladores durante o ano inteiro; sendo que no verão a utilização é com maior frequência e maior potência.

Algumas características pessoais dos moradores desta residência estão na Tabela 4.9, para auxílio na análise da frequência dos mesmos na residência e nos hábitos de uso de alguns equipamentos.

TABELA 4.9 - Características dos moradores da residência 01.

Morador	Idade	Sexo	Profissão
1	54 anos	Masculino	Aposentado
2	59 anos	Feminino	Aposentada
3	84 anos	Feminino	Aposentada
4	16 anos	Feminino	Estudante

4.3.2.1 – Desempenho térmico.

Os gráficos 4.1, 4.2 e 4.3 mostram a distribuição das TBS horárias registradas nos meses de janeiro, fevereiro e março nos ambientes internos da residência 01 e externamente na estação meteorológica. De uma forma geral, as TBS internas apresentaram variações acima das TBS externas seguindo tendências similares, porém com menores amplitudes.

No gráfico 4.1, observam-se as variações similares das TBS da suíte do casal e do jantar/cozinha durante o mês de janeiro. As TBS internas apresentaram valores sempre acima das externas, a máxima registrada foi de 35,2°C na suíte do casal às 17:00 horas do dia 24, enquanto que a externa era de 33°C; já a mínima foi de 26,3°C no jantar/cozinha às 7:00 horas do dia 12, enquanto que o externo era de aproximadamente 22,5°C.

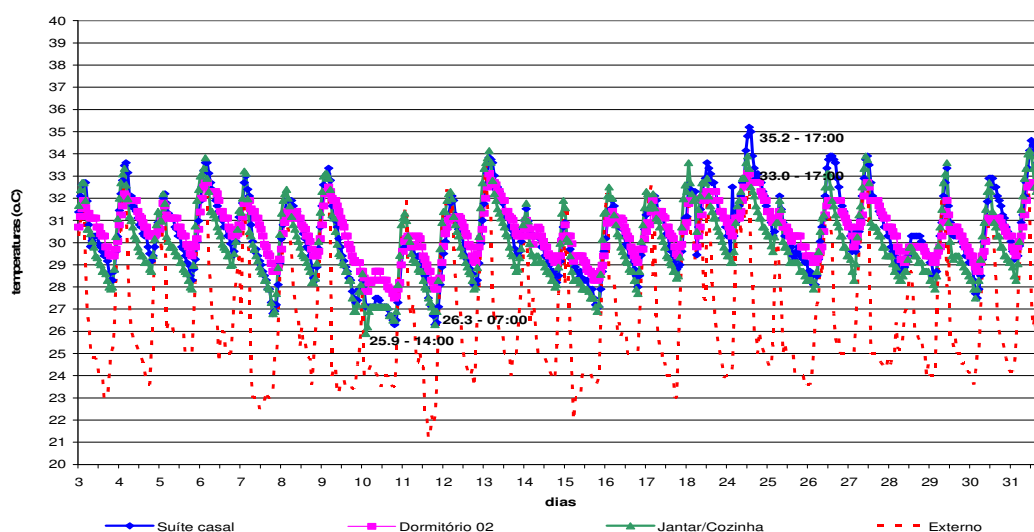


GRÁFICO 4.1 - Variações das TBS horárias na residência 01 – mês de janeiro.

Neste mês, foram registradas ocorrências de precipitações nos dias 10 e 11, o que causou a amenização das TBS internas. A mínima foi de 25,9°C no período das 14:00 horas, no jantar/cozinha e máxima de aproximadamente 28,5°C no dormitório 02.

No gráfico 4.2, podem ser observadas as variações das TBS durante o mês de fevereiro, quando ocorreram constantes quedas nas temperaturas diárias entre os dias 13 e 20, devido ao aumento da ocorrência de precipitações.

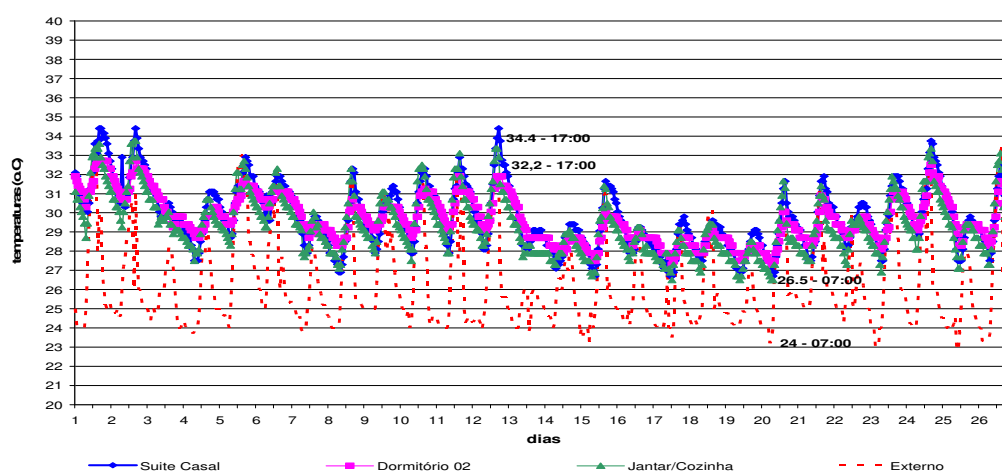


GRÁFICO 4.2 - Variações das TBS horárias na residência 01 – mês de fevereiro.

A TBS máxima registrada em um dia ensolarado foi 34,4°C na suíte do casal às 17:00 horas do dia 12, enquanto que externamente a temperatura era de 32,2°C. Já nos períodos chuvosos as TBS máximas foram de aproximadamente 29,5°C também na suíte do casal e a mínima de 26,5°C, como por exemplo a registrada no jantar/cozinha às 07:00 horas do dia 20. Já a TBS externa mínima foi 24°C.

No gráfico 4.3, podem ser observadas variações das TBS durante o mês de março, caracterizado pela diminuição das ocorrências de precipitações, pela elevação das temperaturas e a apresentação de uma distribuição mais constante das TBS.

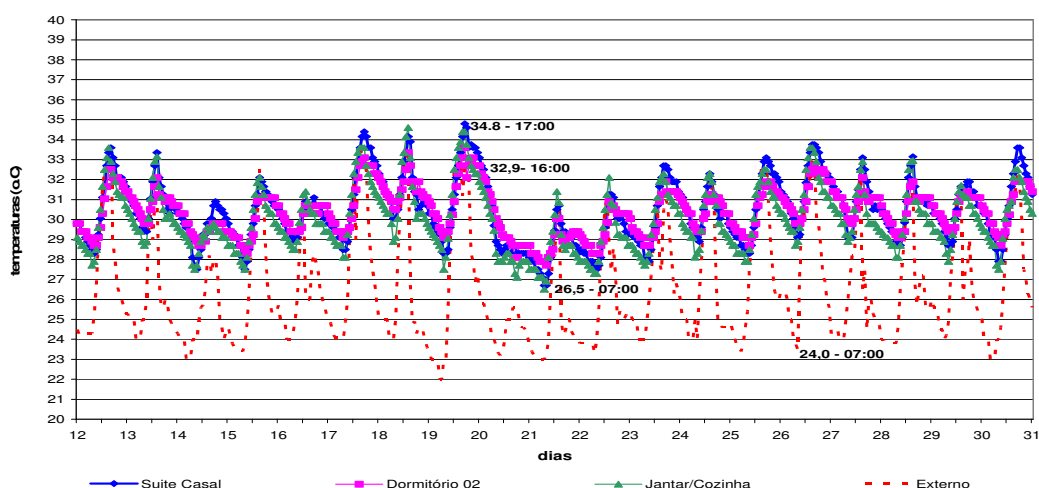


GRÁFICO 4.3 - Variações das TBS horárias na residência 01 – mês de março.

A TBS máxima foi registrada novamente na suíte do casal, chegando 34,8°C às 16:00 horas do dia 19, enquanto que a temperatura externa não ultrapassou 33,5°C aproximadamente; já a mínima foi de aproximadamente 27,5°C no jantar/cozinha. Nos dias 20 e 21 foram registradas precipitações durante quase 24 horas de cada dia, neste período as máximas eram de aproximadamente 28,5°C no dormitório 02 e a mínima de 26,5°C, já a externa chegou a 23 °C.

Em geral, o ambiente que apresentou temperaturas mais elevadas foi a suíte do casal e o jantar/cozinha o que apresentou as temperaturas mais amenas. Influenciados por suas orientações e quantidade de aberturas necessárias para a renovação do ar interno e conseqüentemente aumento do nível de conforto.

Para uma análise mais detalhada foram organizados alguns gráficos correspondentes às variações das TBS internas em alguns dias chuvosos e em alguns ensolarados.

No gráfico 4.4, pode-se observar o comportamento de dois dias em que não ocorreram precipitações – 13 e 14 de março. Pode-se observar que as temperaturas internas acompanharam a tendência das variações externas, porém com uma diferença de até 5°C a mais durante a madrugada e a noite. Já no final da manhã e início da tarde, os picos das TBS coincidem ou ficam muito próximos.

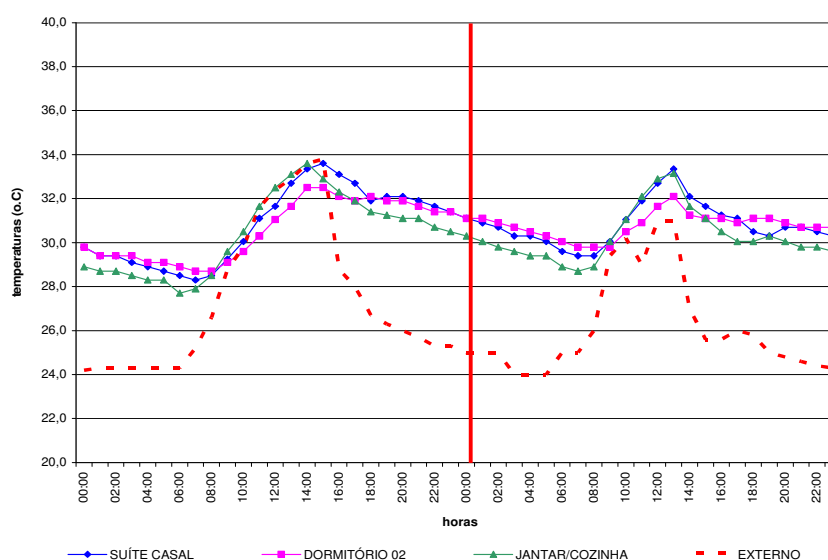


GRÁFICO 4.4 - TBS horárias nos dias 13 e 14 de março (sem ocorrências de precipitações) – residência 01.

O dormitório 02 apresentou o melhor desempenho térmico no período da manhã e tarde em consequência de sua orientação à nordeste, que o protege da incidência solar direta e o deixa exposto aos ventos dominante da cidade (quadrante norte-leste), já que suas esquadrias ficam constantemente abertas, segundo informações dos moradores. Porém, no período noturno é o ambiente com o desempenho mais comprometido, em decorrência das características de seu envelope, pois sendo o único ambiente com laje, ele perde menor quantidade de calor para o ambiente externo, em contrapartida aos outros que possuem forros de madeira e apresentam melhor desempenho.

Nos dias 13 e 14 de fevereiro (Gráfico 4.5), em consequência das ocorrências de precipitações pode-se observar que as temperaturas internas apresentaram variações com pequenas amplitudes em relação às externas e não registram qualquer variação no período das 12:00 às 02:00 horas no dormitório 02 e no jantar/cozinha.

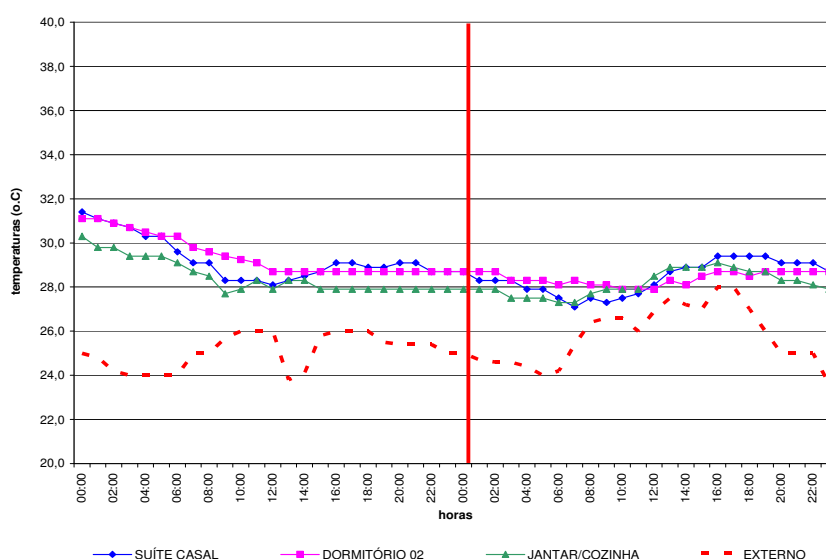


GRÁFICO 4.5 - TBS horárias nos dias 13 e 14 de fevereiro (com ocorrências de precipitações) – residência 01.

O melhor desempenho neste período foi do jantar/cozinha, que apresentou as TBS mais elevadas somente no horário de 11:00 às 12:00 horas do segundo dia, devido a utilização contínua de eletrodomésticos que contribuíram para a elevação da TBS

interna do ambiente. Já o dormitório 02 teve seu desempenho comprometido em consequência de suas características construtivas de maior inércia térmica.

De acordo com os gráficos 4.6 a 4.9 pode-se observar as variações das TBS internas e externas nas faixas de horário definidas de acordo com os hábitos dos moradores desta residência no mês de janeiro.

Na faixa de 8:00 às 12:00 no mês de janeiro (Gráfico 4.6), o ambiente jantar/cozinha, o de maior ocupação neste horário devido às atividades domésticas, apresentou as máximas e médias mais elevadas durante quase todo o mês e também devido a sua orientação, estando exposto à incidência solar nesta faixa de horário.

Já as mínimas ocorreram na suíte do casal, ambiente de menor ocupação e com suas paredes orientadas uma a sudestes e outra a sudoeste, portanto não estão expostas a incidência solar nesta faixa de horário.

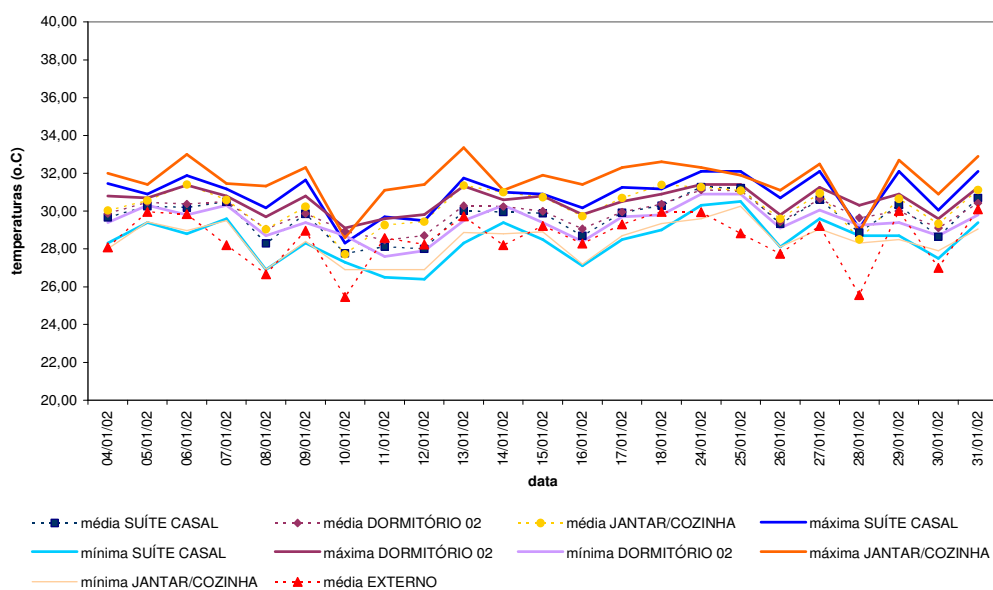


GRÁFICO 4.6 - Variações das TBS na residência 01 – 08:00/12:00 – mês de janeiro.

Observam-se ainda quedas nos picos de temperaturas nos dias 10, 28 e 30, provocadas pelo aumento de precipitações. AS TBS máximas na suíte do casal e no jantar/cozinha diminuíram, o que foi favorecido pelas características de seus envelopes, cobertura com telhas de fibrocimento, forro de madeira e sem laje. Estes são os ambientes de menores inércias térmica.

No mês de fevereiro as TBS seguem a mesma tendência que as do mês de janeiro, com a ocorrência das mais elevadas no jantar/cozinha e as menores na suíte.

Foram registradas ocorrências de precipitações durante quase uma semana ininterruptamente, o que levou as máximas do jantar/cozinha (menor inércia térmica) a coincidirem com as médias do dormitório 02, ambiente com maior inércia.

No gráfico 4.7 pode-se observar o comportamento das TBS máximas, médias e mínimas no mês de janeiro no horário de 13:00 às 18:00 horas. Quando a suíte do casal e o jantar/cozinha apresentaram as máximas e médias mais elevadas durante quase todo o mês de janeiro. A elevação das temperaturas na suíte se deve a sua orientação, ficando exposta à incidência de radiação solar direta durante todo o decorrer do dia.

O jantar/cozinha é influenciado pela plena ocupação dos moradores que utilizam este ambiente para a maioria das atividades tanto domésticas, como para assistir tv e como área de descanso; como também por sua orientação, pois o ambiente possui uma de suas paredes orientadas à oeste. Porém, a partir da segunda quinzena do mês quando aumentaram a ocorrência de precipitações, apresentou as mínimas mais baixas, devido menor inércia térmica de seu envelope.

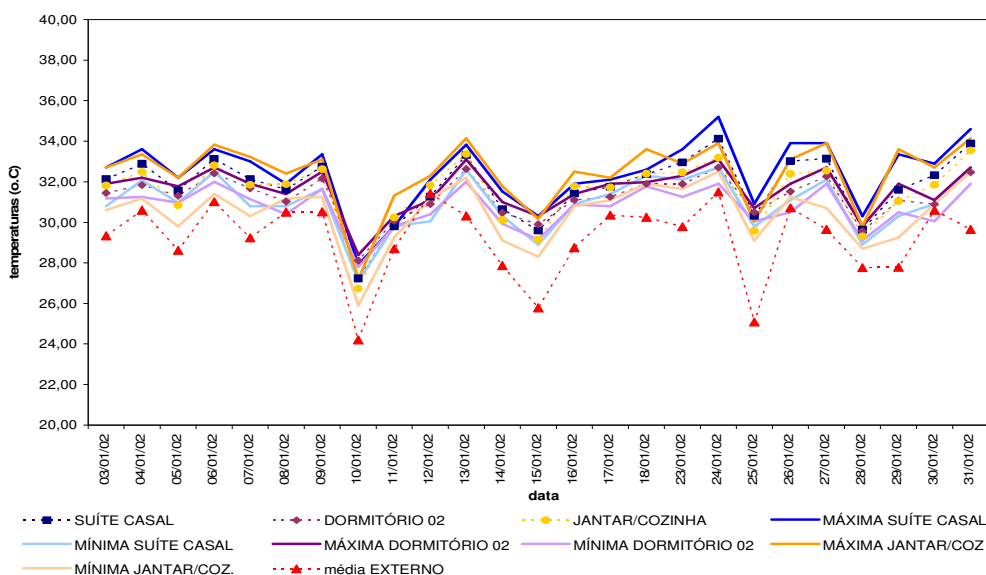


GRÁFICO 4.7 - Variações das TBS na residência 01 - 13:00/18:00 - mês de janeiro.

Quanto ao dormitório 02, é o ambiente que fica exposto apenas às horas de sol da manhã, apresentando em consequência disto às temperaturas médias e máximas mais baixas, mesmo ele sendo plenamente ocupado durante todo o dia.

Da mesma forma, no mês de fevereiro as TBS máximas e médias mais elevadas continuaram sendo registradas no jantar/cozinha e na suíte do casal e as mais baixas, no dormitório 02.

Nos dias onde as ocorrências de precipitações foram maiores, as TBS da suíte decaíram em até 5°C e passaram a registrar as mínimas mais baixas. Já o jantar/cozinha mesmo em plena ocupação, teve as máximas, médias e mínimas mais amenas e quase coincidentes entre si. Vale ressaltar que estes dois ambientes possuem os envelopes de menor inércia na residência.

De acordo com esta análise o jantar/cozinha é o ambiente onde foram registradas as TBS mais amenas durante os dias chuvosos e mesmo em plena ocupação e que as TBS de todos os ambientes seguiram a mesma tendência das variações das externas, porém com amplitudes maiores.

Em alguns períodos, por exemplo dia 12/01 (ver gráfico 4.7), as TBS médias externas foram mais elevadas que as internas em até 0,5°C, porém de acordo com a precisão dos hobs utilizados que é de 0,7°C, esta diferença não é suficiente para confirmar o amortecimento térmico interno desta residência.

No gráfico 4.8 podem ser observadas as variações das TBS no mês de janeiro no horário de 19:00 às 22:00 horas. O jantar/cozinha foi o ambiente que apresentou as médias, máximas e mínimas mais amenas; a TBS máxima registrada foi de aproximadamente 32°C e a mínima de 27°C. Já o dormitório 02 apresentou as temperaturas mais elevadas, a máxima foi de aproximadamente 33°C e o mínimo de 28,5°C. Porém, o pico extremo de calor foi registrado na suíte do casal a aproximadamente 34°C entre os dias 24 e 26.

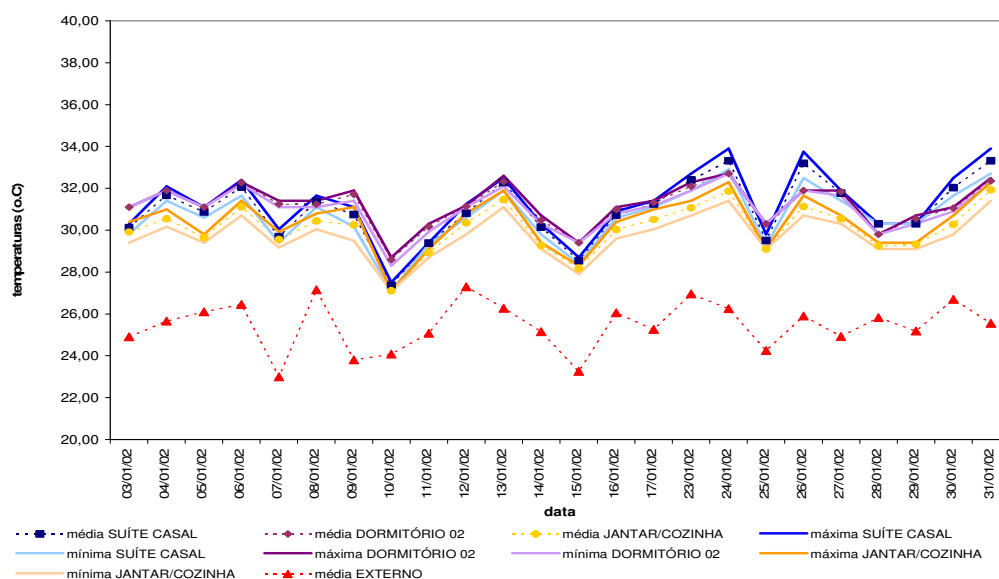


GRÁFICO 4.8 - Variações das TBS na residência 01 – 19:00/22:00 – mês de janeiro.

No período de 3 a 9 foi registrada maior ocorrência de precipitações; as TBS apresentaram um comportamento constante na faixa de 30 a 32°C e decaíram para 27°C no dia 10. Já no jantar/cozinha e na suíte do casal, as variações seguiram a mesma tendência, influenciadas pelas características de seus envelopes - ambos com envelopes caracterizados pela pouca inércia térmica.

Estas características foram novamente constadas no mês seguinte, no jantar/cozinha foram registradas as máximas, médias e mínimas mais amenas e as mais elevadas na suíte do casal. Porém, com o aumento da ocorrência de precipitações, as variações das TBS internas foram mais constantes que no mês de janeiro e as temperaturas variaram em média de 28°C a 32°C.

Analisando as TBS registradas observam-se suas variações sempre acima das externas, com uma diferença de até 9°C, como ocorre no dia 01 (ver gráfico 4.8). Para amenizar este quadro, é neste período que a residência é menos utilizada pelos moradores, pois eles têm o costume de assistir tv na área externa à residência, como estratégia para buscar um ambiente mais ameno.

No gráfico 4.9 podem ser observadas as variações das TBS no mês de janeiro no horário de 23:00 às 07:00 horas. A TBS máxima de aproximadamente 32,7°C foi registrada no dormitório 02 e na suíte do casal e a mínima de 26,5°C no jantar/cozinha e na suíte do casal novamente.

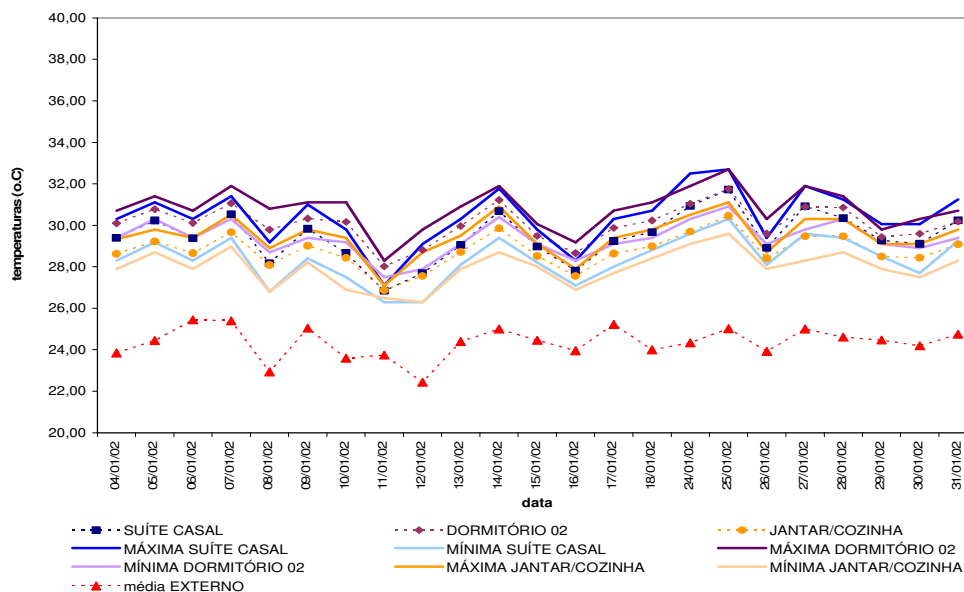


GRÁFICO 4.9 - Variações das TBS na residência 01 – 23:00/07:00 – mês de janeiro

A suíte do casal foi o ambiente de comportamento médio em relação aos outros monitorados, suas TBS médias registradas foram aproximadas das mínimas do dormitório 02 (ambiente mais quente da residência) e das máximas do jantar/cozinha (ambiente mais ameno). Pode-se observar também que nos dias em que aumentaram a ocorrência de precipitações, dias 11, 16 e 26 por exemplo, as médias e mínimas da suíte registraram comportamentos aproximados das médias e mínimas do jantar/cozinha, ou seja, seu microclima tendeu ao do ambiente mais ameno da residência.

No mês de fevereiro não foram registradas grandes diferenças de temperaturas na residência. As máximas foram novamente registradas na suíte do casal e a mínimas no jantar/cozinha.

Nesta faixa de horário a suíte e o dormitório 02 são os ambientes mais utilizados, porém não são os mais confortáveis termicamente e para conseguir o mínimo de conforto, os moradores utilizam ventiladores e vestem roupas leves.

As TBS internas não registraram qualquer aproximação com as externas, apresentaram a mesma tendência, porém com amplitudes maiores de até 9°C aproximadamente.

Conforme os gráficos analisados nas quatro faixas de horários, pode-se observar que os ambientes da residência apresentaram suas TBS internas

aproximadamente de 3 a 6 °C acima das externas no horário de 23:00 às 7:00 da manhã. Porém, neste período a melhor opção seria que os ambientes estivessem mais confortáveis termicamente de forma a favorecer o descanso dos moradores.

4.3.2.2 - Horas em desconforto e desvio médio das temperaturas

O gráfico 4.10 mostra a variação mensal da quantidade de horas em desconforto e do desvio médio (d.m.) das temperaturas monitoradas externa e internamente à residência 01, nos meses de janeiro a março. Para esta análise utilizou-se como TBS base a temperatura de 26,5°C, baseando-se nas pesquisas de padrões de limites e zonas de conforto realizadas por GONZALEZ et al. (1996) (ver seção 2.4 e tabela 2.1).

Pode-se observar que em todos os meses foram registradas temperaturas acima da base estipulada, tanto no ambiente externo quanto nos internos desta residência.

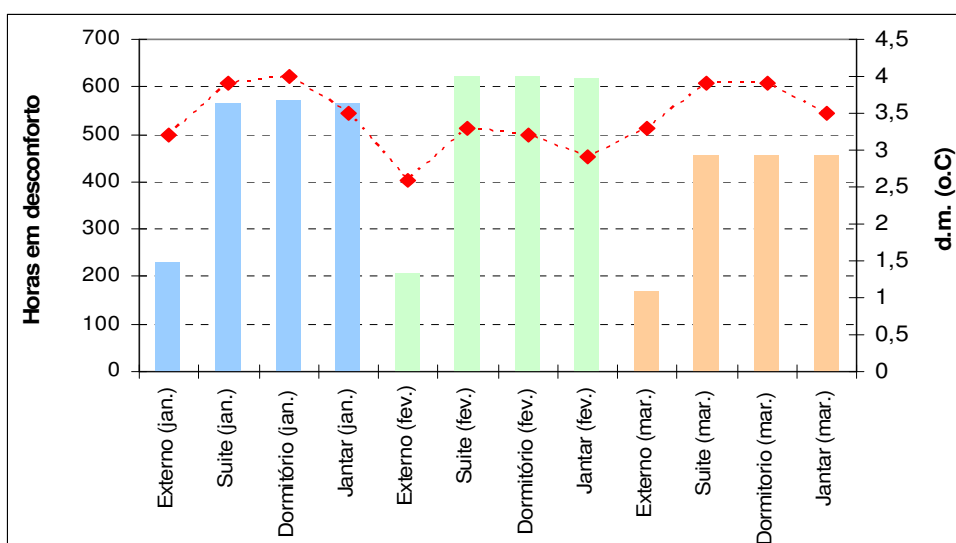


GRÁFICO 4.10 - Quantidade de horas em desconforto e desvio médio - Residência 01.

A quantidade de horas em desconforto foi de quase 100% internamente durante o período monitorado. No mês de janeiro foram monitorados aproximadamente 572 horas, em média 569 estavam acima da base. Já em fevereiro, das 623 monitoradas, cerca de 621 estavam acima e em março, das 456 horas, apenas durante uma hora a temperatura não ultrapassou a base de 26,5°C. Enquanto que no

ambiente externo a quantidade de horas acima da base não ultrapassou 50% das horas medidas.

Em relação ao d.m. dos ambientes internos, foi registrada uma variação de 3°C a 4°C acima da base de 26,5°C. As menores variações ocorreram no jantar/cozinha, o ambiente de maior utilização durante todo o período do dia e considerado pelos moradores como o mais confortável termicamente. Este ambiente é favorecido pela ventilação cruzada, pois suas esquadrias permanecem constantemente abertas; foi o ambiente que apresentou o d.m. mais próximo do ambiente externo.

No mês de fevereiro os d.m. internos foram menores em consequência da maior ocorrência de precipitações.

De uma forma geral, observando a quantidade de horas em desconforto e o d.m. desta residência, fica evidente o grande desconforto térmico interno em todos os ambientes e o desempenho térmico comprometido pelas características do envelope da mesma.

4.3.3 – Caracterização da residência 02

A segunda residência escolhida para monitoramento trata-se de um apartamento no nono andar de um edifício de 12 pavimentos com quatro unidades por andar, do Condomínio Maria da Fé, localizado no bairro da Chapada, à zona centro-sul de acordo com zoneamento da cidade (Figura 4.13).

Sua área construída é de aproximadamente 127,96m², onde se distribuem estar, jantar, dois quartos, uma suíte, um banheiro social, cozinha, área e banheiro de serviço e varandas (Figura 4.17). A fachada principal do apartamento tem orientação sul, ficando a suíte em na orientação oeste, porém protegida pelo outro bloco de apartamentos, que bloqueia a incidência direta do sol nesta fachada do edifício a maior parte do período da tarde.

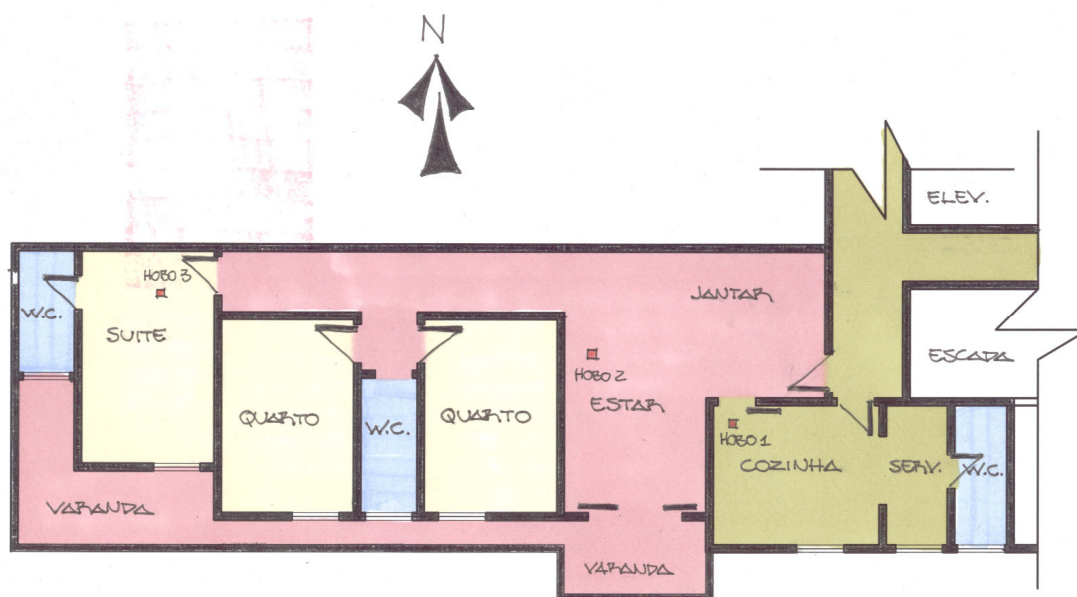


FIGURA 4.17 – Croqui esquemático da residência 02.

Os hobos foram colocados nos ambientes de maior utilização dos moradores, o hobo 01 na cozinha, o hobo 02 no estar/jantar e o hobo 03 na suíte do casal (Figura 4.17).

Na concepção do projeto arquitetônico, assim como na reforma do apartamento, houve acompanhamento de profissionais arquitetos e engenheiros, que na busca do melhor desempenho térmico preocuparam-se em utilizar cores claras, janelas localizadas de maneira que favorecessem a ventilação natural e com a máxima transparência para favorecer a iluminação natural (Figura 4.18 e Figura 4.19).



FIGURA 4.18 - Fachada norte do Condomínio Maria da Fé.



FIGURA 4.19 - Preferência por cores claras para favorecer a iluminação natural.

Os moradores fazem uso pleno do apartamento apenas nos fins de semana e no período noturno durante dois ou três dias da semana e a faxineira durante todos os dias. Para obter conforto térmico eles utilizam aparelhos de ar condicionado somente nos dormitórios e sem qualquer diferença de padrão de uso relacionado aos meses mais quentes ou mais amenos. Algumas características pessoais dos moradores desta residência estão na Tabela 4.10, para auxílio na análise da frequência dos mesmos na residência e nos hábitos de uso de alguns equipamentos.

TABELA 4.10 - Características dos moradores da residência 02.

Morador	Idade	Sexo	Profissão
1	34 anos	Masculino	Médico
2	30 anos	Feminino	Médica
3	22 anos	Feminino	Empregada doméstica

4.3.3.1 – Desempenho térmico

Os gráficos 4.11, 4.12 e 4.13 mostram as variações das TBS diárias registradas internamente na residência 02 e externamente na estação meteorológica nos meses de janeiro a março.

De uma forma geral, no mês de janeiro (Gráfico 4.11) as TBS internas registradas apresentaram variações abaixo das externas, isto é, o microclima interno estava mais ameno que o externo. Por exemplo, a TBS interna mais elevada foi de 30,7°C às 14:00 horas na copa/cozinha enquanto que externamente a TBS era de 32,1°C.

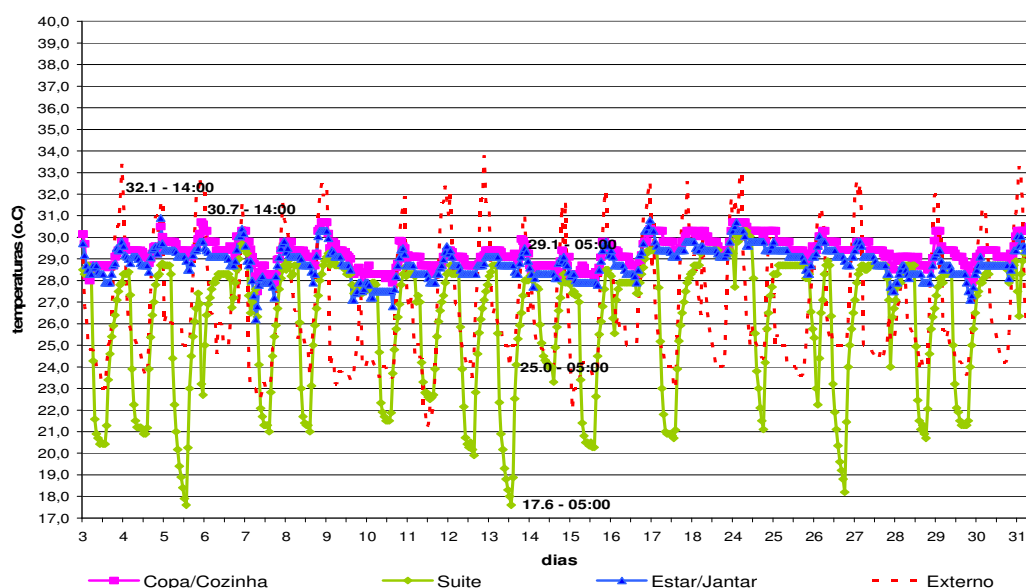


GRÁFICO 4.11 - Variações das TBS horárias na residência 02 – mês de janeiro.

Neste apartamento os moradores utilizam equipamento de ar condicionado nos dormitórios para amenizar o desconforto térmico; o que influenciou na variação das TBS da suíte do casal. Pode-se observar que a TBS mínima registrada foi de 17,5°C às 05:00, enquanto que externamente era de 25°C e nos ambientes não condicionados ultrapassou 29°C.

Outra particularidade a ser observada é que mesmo nos horários em que não é utilizado o ar condicionado, este ambiente continua sendo o mais ameno do apartamento. O que pode ser explicado pelo fato do ambiente mesmo estando a orientação oeste, ele está protegido pela varanda e pelo bwc, que não o deixam exposto diretamente à incidência do sol; como também por ser um ambiente de pouco uso diário e que permanece fechado, conservando desta maneira o frio proveniente do ar condicionado, que estava programado para 16°C.

Em fevereiro (Gráfico 4.12) as ocorrências de precipitações foram mais frequentes influenciando nas variações das temperaturas internas. No período dos dias 3 a 4 e de 13 a 15 por exemplo, estas TBS sofreram uma queda de até 3°C. O microclima interno ficou mais ameno porém, suas temperaturas estavam mais elevadas que o externo. O que pode ser explicado em virtude do calor produzido pelos eletrodomésticos, no caso da copa/cozinha; pelas atividades exercidas neste período – limpar, lavar, cozinhar, passar e pela pouca circulação de ar interna, pois

os ambientes estar/jantar e suíte do casal que não são utilizados durante o dia, ficam com as portas/janelas apenas entreabertas.

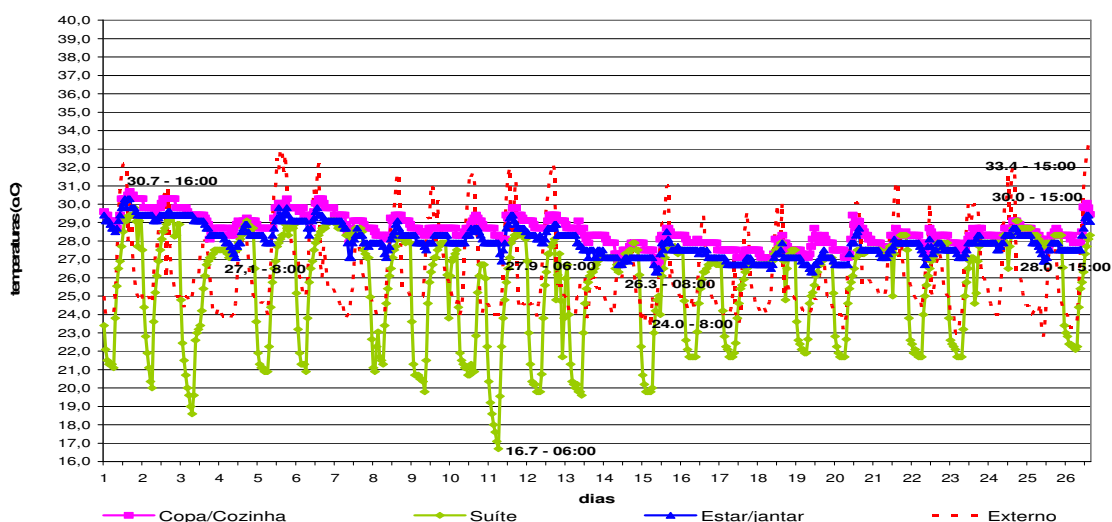


GRÁFICO 4.12 - Variações das TBS horárias na residência 02 – mês de fevereiro.

Na copa/cozinha foram registradas as TBS mais elevadas igualmente ao mês anterior, a máxima foi de 30,7°C às 16:00 horas. Já na suíte, foram registradas as TBS mais amenas, a mínima foi de 16,7°C às 06:00, influenciada pela utilização do ar condicionado; enquanto que nos ambientes não condicionados a mínima era de 27,9°C.

Nos dias em que não ocorreram precipitações, as TBS internas elevaram-se em aproximadamente 3°C e as externas em até 5°C. Por exemplo, no dia 3 (quando ocorreram precipitações) a TBS externa às 14:00 horas era de aproximadamente 28°C e as internas variavam de 25,5 a 29,5 °C. Já no dia 5 (quando não ocorreram precipitações) neste mesmo horário a TBS externa era de 33°C e as internas variavam de 28 a 30°C.

No mês de março (Gráfico 4.13), como os moradores passaram a exercer seus plantões noturnos com maior frequência, foi possível observar nitidamente a variação das TBS na suíte devido a não utilização do ar condicionado. Esta mudança ficou mais evidente a partir do dia 23, quando as TBS na suíte variavam na faixa de aproximadamente 27°C a 28,5°C; com exceção do dia 24.

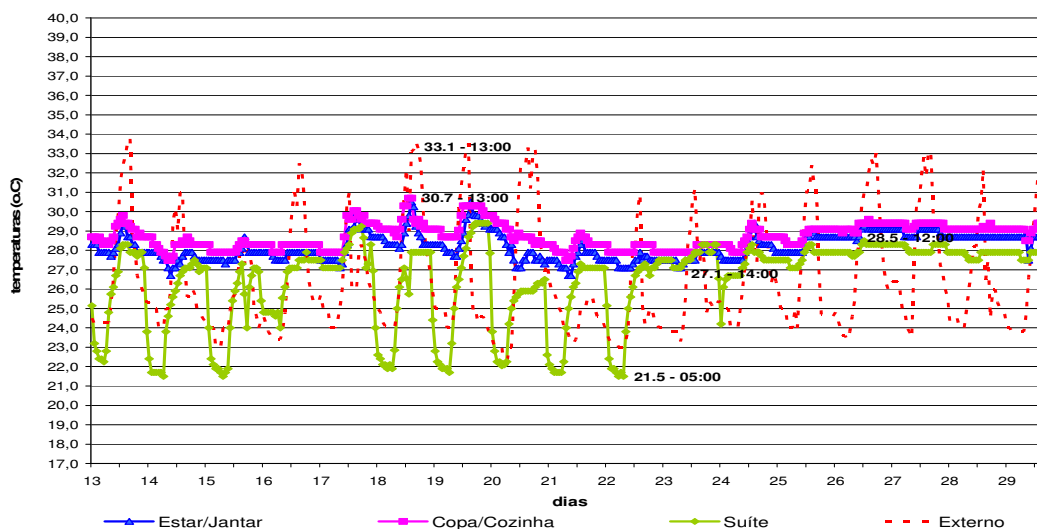


GRÁFICO 4.13 - Variações das TBS horárias na residência 02 – mês de março.

Outro fator que influenciou nesta variação foi a alteração na temperatura programada do equipamento de ar condicionado, de 16 °C para 21°C. Esta medida foi tomada para favorecer o conforto dos moradores e também para evitar a formação de manchas no forro de gesso causada pela alta umidade e que já eram visíveis. A menor TBS registrada foi de 21,5°C, quando anteriormente a mesma chegava a 16,7°C.

Neste mês, as TBS mais elevadas foram novamente registradas na copa/cozinha, sendo a máxima de 30,7°C às 13:00 horas do dia 18; enquanto que externamente a TBS era de 33,1°C.

Seguindo a metodologia de análise dos dados, foram organizados alguns gráficos correspondentes às variações das TBS internas e externas em alguns dias chuvosos e em alguns ensolarados.

No gráfico 4.14 pode-se observar o comportamento de dois dias em que não ocorreram precipitações – 13 e 14 de março, quando as TBS da copa/cozinha e do estar/jantar variaram nestes dois dias na faixa de temperaturas de 26,5 a 29,5°C e que sofreram pequenas alterações no horário de 10:00 às 16:00, quando são mais freqüentes as atividades nestes ambientes (lavar,secar,passar, cozinhar, comer, limpar,etc). Mesmo assim, estas TBS estavam mais amenas que as externas em até 4,5°C, como aconteceu no primeiro dia.

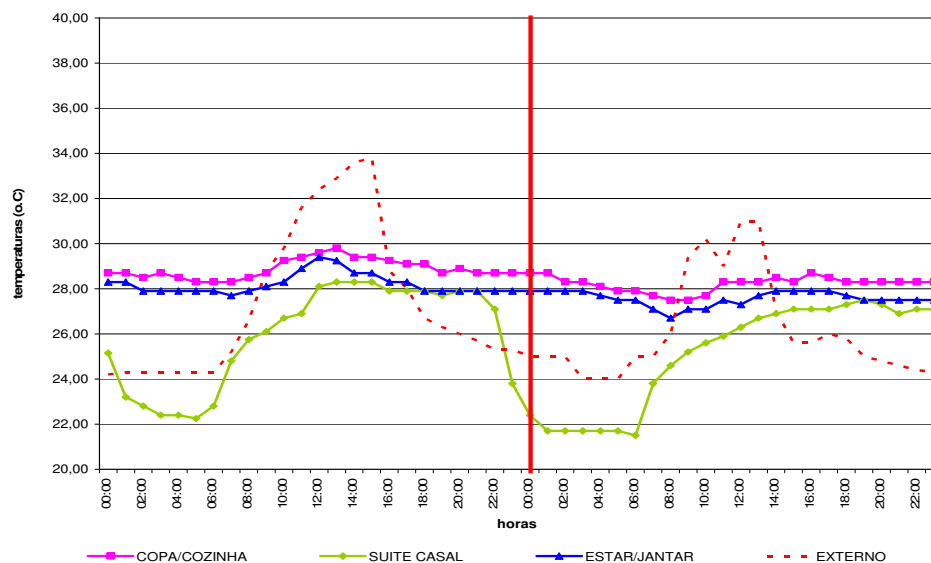


GRÁFICO 4.14 - TBS horárias nos dias 13 e 14 de março (sem ocorrências de precipitações) - residência 02

Ao contrário da suíte do casal, onde a variação foi em maiores amplitudes na faixa de 21,5 a 28,5°C. Nota-se que nestes dois dias o casal não utilizou o ar condicionado após almoço e decidiram apenas abrir a porta-balcão do ambiente, o que possibilitou verificar a aproximação das variações de suas TBS com as dos outros ambientes monitorados, com uma diferença de no máximo 1°C, o que é irrelevante levando em consideração também a incerteza dos hobs que é de 0,7°C.

Nos dias 13 e 14 de fevereiro (Gráfico 4.15), em consequência das ocorrências de precipitações pode-se observar que as TBS da copa/cozinha e do estar/jantar variaram de 26,5°C a 29°C e sempre acima das TBS externas em até 4°C no primeiro dia, quando foi maior o índice de precipitação. Já no segundo dia, este índice diminuiu e esta diferença passou a ser mínima chegando a causar a coincidência de todas as TBS, como ocorre às 15:00 horas com todos os ambientes monitorados.

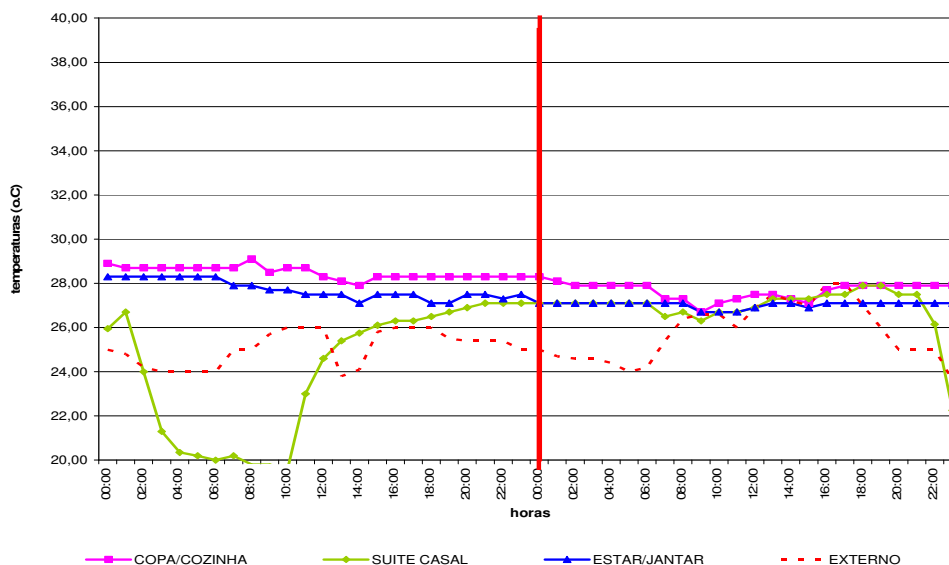


GRÁFICO 4.15 - TBS horárias nos dias 13 e 14 de fevereiro (com ocorrências de precipitações) - residência 02

Neste gráfico pode-se observar também que o ar condicionado foi pouco utilizado devido aos moradores estarem de plantão médico. Nesta situação as TBS da suíte variaram de forma semelhante às dos outros ambientes, principalmente durante à tarde, quando a atividade nele foi intensa, devido a utilização pela empregada para limpeza e à abertura completa de sua porta balcão, possibilitando maior ventilação e maior incidência dos raios solares.

De acordo com os gráficos 4.16 a 4.19 pode-se observar as variações das TBS internas e externas registradas no mês de janeiro e nas faixas de horário definidas de acordo com os hábitos dos moradores desta residência.

Na faixa de 8:00 às 12:00 horas no mês de janeiro (Gráfico 4.16), a copa/cozinha foi o ambiente onde foram registradas as TBS mais elevadas, influenciadas pela plena ocupação devido às atividades domésticas, utilização de equipamentos como o forno e fogão por exemplo, que dissipam grande quantidade de calor para o ambiente.

As TBS máximas, médias e mínimas da copa/cozinha e do estar/jantar apresentaram variações pouco divergentes nesta faixa de horário e aproximaram-se da média externa, isto é, o microclima interno foi similar ao externo. Já na suíte do casal foram registradas as TBS mais amenas da residência, influenciadas pela utilização do ar condicionado desde à noite até as primeiras horas da manhã.

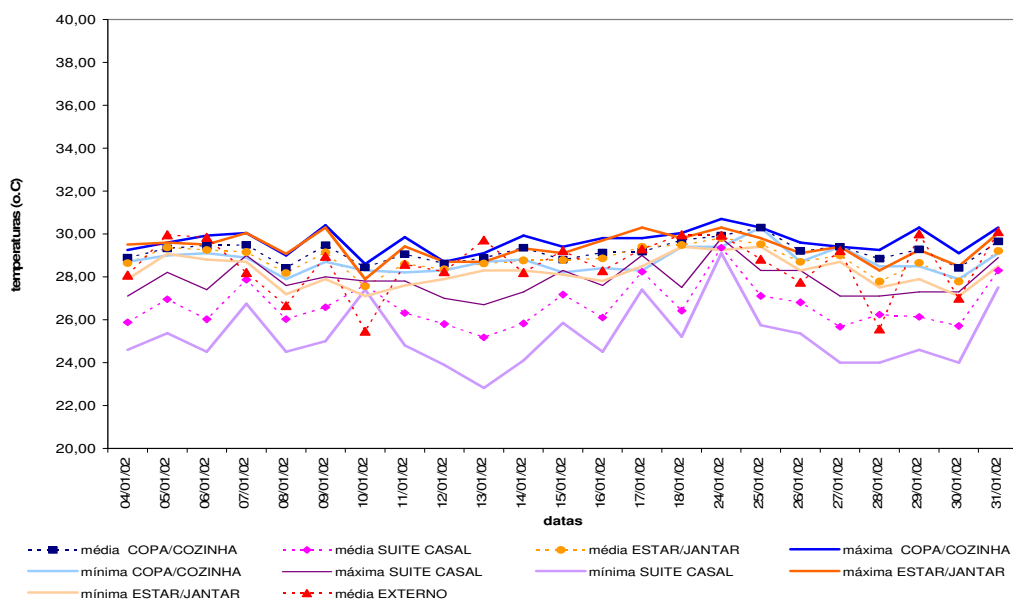


GRÁFICO 4.16 - Variações das TBS na residência 02 – 08:00/12:00 – mês de janeiro.

No mês de fevereiro as TBS seguem a mesma tendência que as do mês de janeiro, mesmo com a maior ocorrência de precipitações.

No gráfico 4.17 pode-se observar o comportamento das TBS máximas, médias e mínimas no mês de janeiro no horário de 13:00 às 18:00 horas, que registraram variações semelhantes às externas.

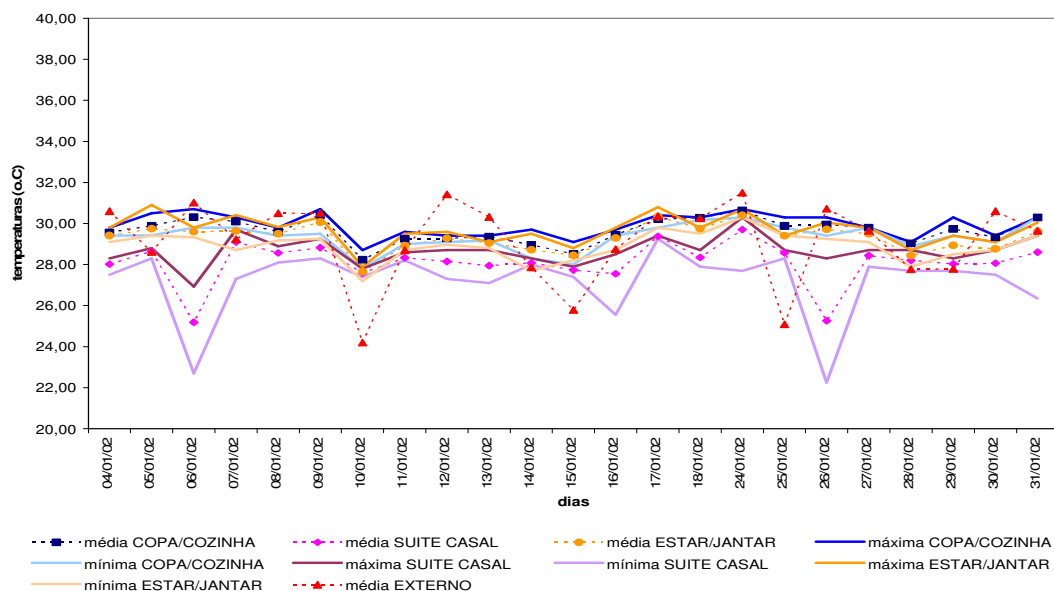


GRÁFICO 4.17 - Variações das TBS na residência 02 – 13:00/18:00 – mês de janeiro.

Podem-se notar algumas alterações na TBS mínima da suíte do casal, como por exemplo no dias 6,16 e 26, devido a utilização do ar condicionado após o almoço. Porém, em geral as médias de todos os ambientes variaram na faixa de 28 a 31°C.

No mês de fevereiro as variações formam semelhantes à janeiro, porém com uma diferença de até 3 °C devido a maior ocorrência de precipitações.

No gráfico 4.18 podem ser observadas as variações das TBS no mês de janeiro de 19:00 às 22:00 horas. Nesta faixa de horário a copa/cozinha é de grande utilização pelos moradores até mais ou menos às 21:00 horas.

Neste ambiente foram registradas as TBS mais elevadas e suas máximas, médias e mínimas variaram durante todo o mês pelo menos 1°C acima dos outros ambientes monitorados e de 2 a 5°C acima da externa.

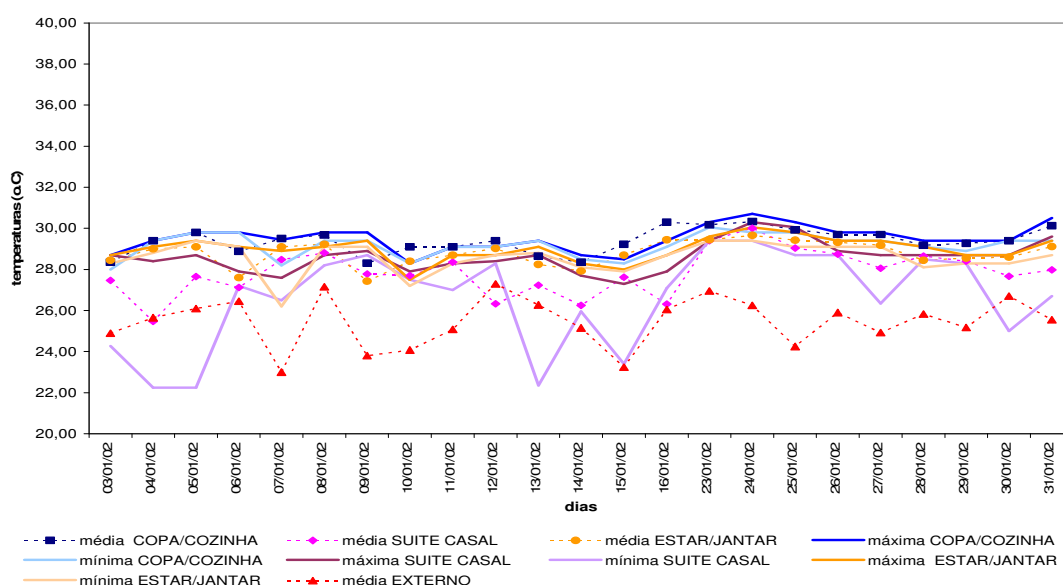


GRÁFICO 4.18 - Variações das TBS na residência 02 – 19:00/22:00 – mês de janeiro.

Em relação ao mês de fevereiro, as variações assemelharam-se à janeiro novamente, com a única diferença que as TBS da suíte do casal foram mais elevadas devido a não utilização do ar condicionado em alguns dias.

No gráfico 4.19 podem ser observadas as variações das TBS no mês de janeiro no horário de 23:00 às 07:00 horas. A copa/cozinha e o estar/jantar apresentaram variações similares e com pequenas amplitudes na faixa de 27 a 30°C e com uma diferença de até 6°C em relação ao ambiente externo.

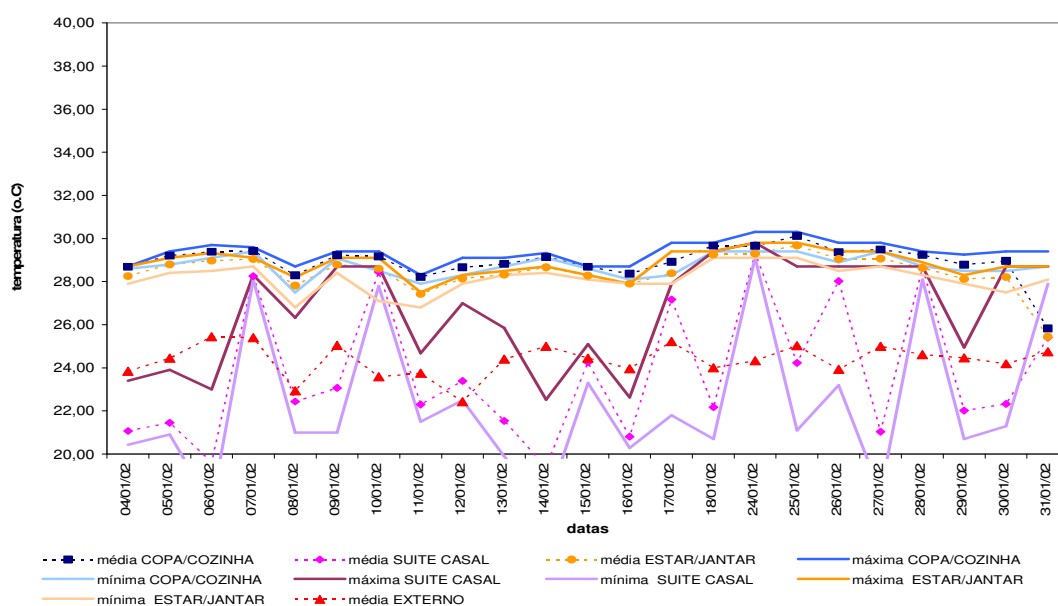


GRÁFICO 4.19 - Variações das TBS na residência 02 - 23:00/07:00 - mês de janeiro

Na suíte o ar condicionado foi utilizado em quase todos os dias, a uma temperatura mínima de até 17°C, conforme programação deste equipamento. Nos dias em que este não foi utilizado, 7 e 10 por exemplo, a temperatura aproximou-se a dos ambientes não condicionados.

Em geral, neste horário o apartamento permanece com todas as esquadrias fechadas. Por isso nota-se a pequena diferença de temperatura em relação aos outros horários, pois mesmo não havendo atividades domésticas e utilização de equipamentos que radiem calor para o ambiente, não há também circulação nem trocas de ar internamente. As TBS internas variam aproximadamente de 26 a 30°C.

Conforme já citado na análise das TBS diárias do mês de março no início desta seção, a temperatura programada do ar condicionado foi alterada de 16°C para 21°C. No gráfico 4.20 pode-se observar o comportamento das TBS internas deste ambiente quando acionado ou não o equipamento; as mínimas passaram agora a registrar 22°C.

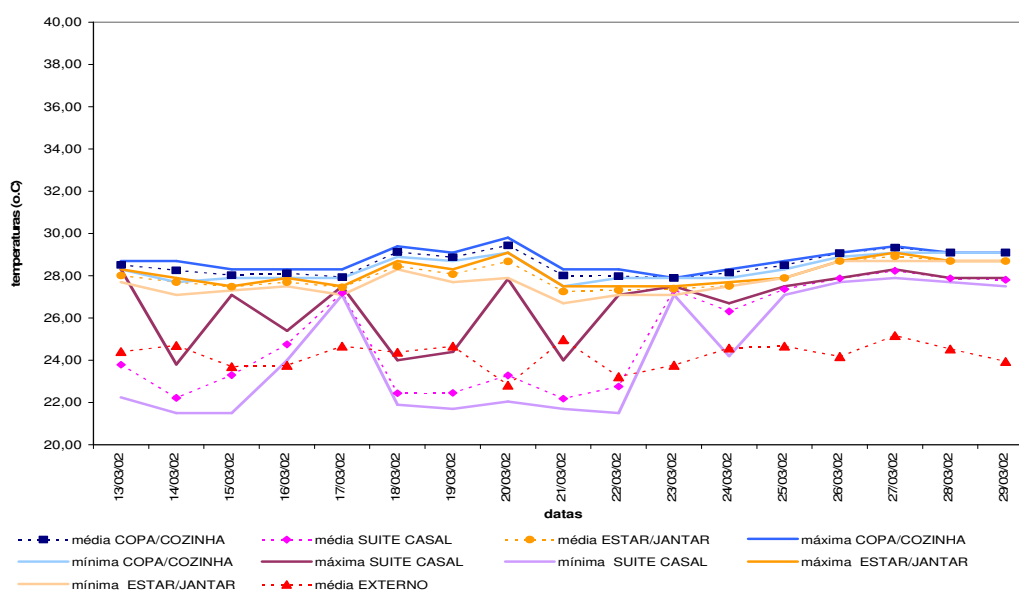


GRÁFICO 4.20 - Variações das TBS na residência 02 – 23:00/07:00 – mês de março

Nos outros ambientes, as máximas, médias e mínimas variaram em pequenas amplitudes na faixa de 26 a 30°C; enquanto que a TBS externa na faixa de 23 a 25°C.

Nesta residência as maiores diferenças entre as TBS dos ambientes internos e as do externo são percebidas nas faixas de horário da noite até as primeiras horas da manhã (19:00/22:00 às 23:00/07:00), quando o microclima interno deveria estar mais confortável por ser o período de maior frequência dos moradores na residência e também de descanso. Pode-se assim perceber que a residência conserva grande parte do calor absorvido durante o dia.

4.3.3.2 – Horas em desconforto e desvio médio das temperaturas

O gráfico 4.21 mostra a variação mensal da quantidade de horas em desconforto e do desvio médio (d.m.) das temperaturas monitoradas externa e internamente à residência 02 e que excederam a TBS base de 26,5°C.

Pode-se observar que em todos os ambientes internos monitorados ocorreram temperaturas acima da base. Na copa/cozinha e no estar/jantar, por exemplo, praticamente 100% de suas horas estavam em desconforto.

Nas 564 horas monitoradas no mês de janeiro, em média 563 estavam acima da base; no mês de fevereiro, das 616 monitoradas, cerca de 614 estavam acima e no

mês de março as 402 horas monitoradas ultrapassaram a base. Enquanto que no ambiente externo a quantidade de horas em desconforto foi de 33 a 39%.

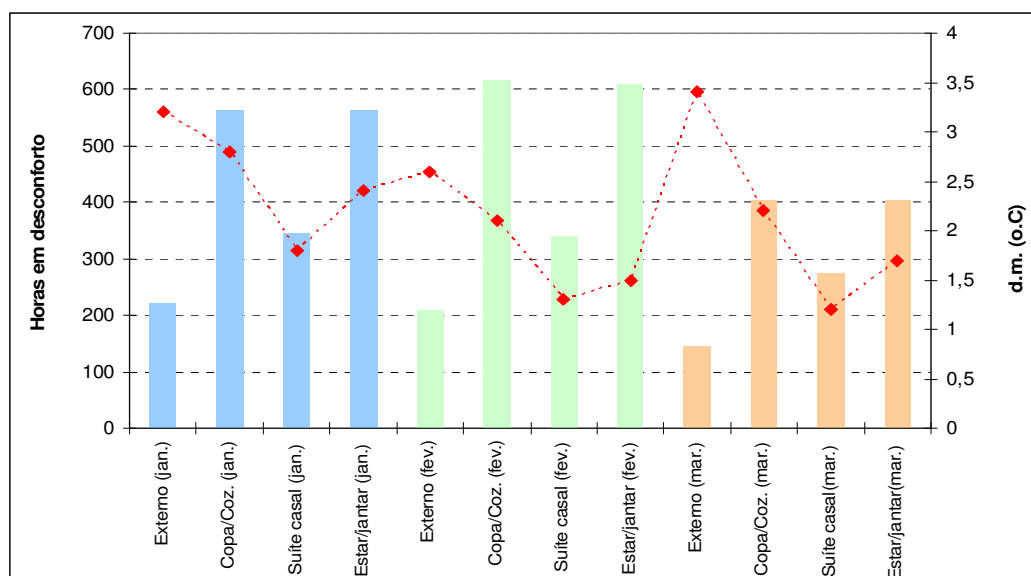


GRÁFICO 4.21 - Quantidade de horas em desconforto e desvio médio - Residência 02

A suíte do casal teve as variações de suas temperaturas alteradas pela utilização de equipamentos de ar condicionado, diminuindo o número de horas em desconforto em até 31% em relação aos ambientes que não utilizam.

Em relação ao d.m. dos ambientes internos, foi registrada uma variação de aproximadamente 1,0 a 2,5°C acima da temperatura base. A menor entre os ambientes não condicionados, foi registrada no estar/jantar, que apresentou quase 100% das suas horas em desconforto, porém apresentou o d.m. menor que o da copa/cozinha por exemplo.

As horas em desconforto e o desvio médio na copa/cozinha são influenciados pelo calor emitido pelos eletrodomésticos utilizados (fogão, forno, geladeira, etc), pela atividade intensa no ambiente (lavar, passar, cozinhar, etc) e pela ausência de ventilação cruzada em consequência das portas de acesso permanecerem fechadas, o que compromete as trocas de calor no ambiente.

No mês de fevereiro em virtude da maior ocorrência de precipitações os d.m. foram menores.

De uma forma geral, de acordo com a quantidade de horas em desconforto e os desvios médios das temperaturas nesta residência e no ambiente externo, observa-

se que os ambientes monitorados ficam expostos por um maior número de horas a temperaturas acima da base de 26,5°C comparando-se com o externo; e mesmo seus d.m. sendo menores, o resultado é conseqüentemente um desconforto térmico interno por mais tempo que o ambiente externo.

4.3.4 – Caracterização da residência 03

A terceira residência escolhida está localizada na zona centro-sul da cidade, no bairro de Adrianópolis, de acordo com zoneamento da cidade (Figura 4.4).

Sua área construída é de aproximadamente 300,00m², onde se distribuem dois quartos, uma suíte com closet, estar, jantar, cozinha, copa, banheiro, lavabo, hall de entrada, área e banheiro de serviço, quarto de empregada, garagem, jardim interno, varandas e no segundo pavimento apenas o escritório, que está localizado na parte superior da sala de jantar e do hall (Figura 4.20).

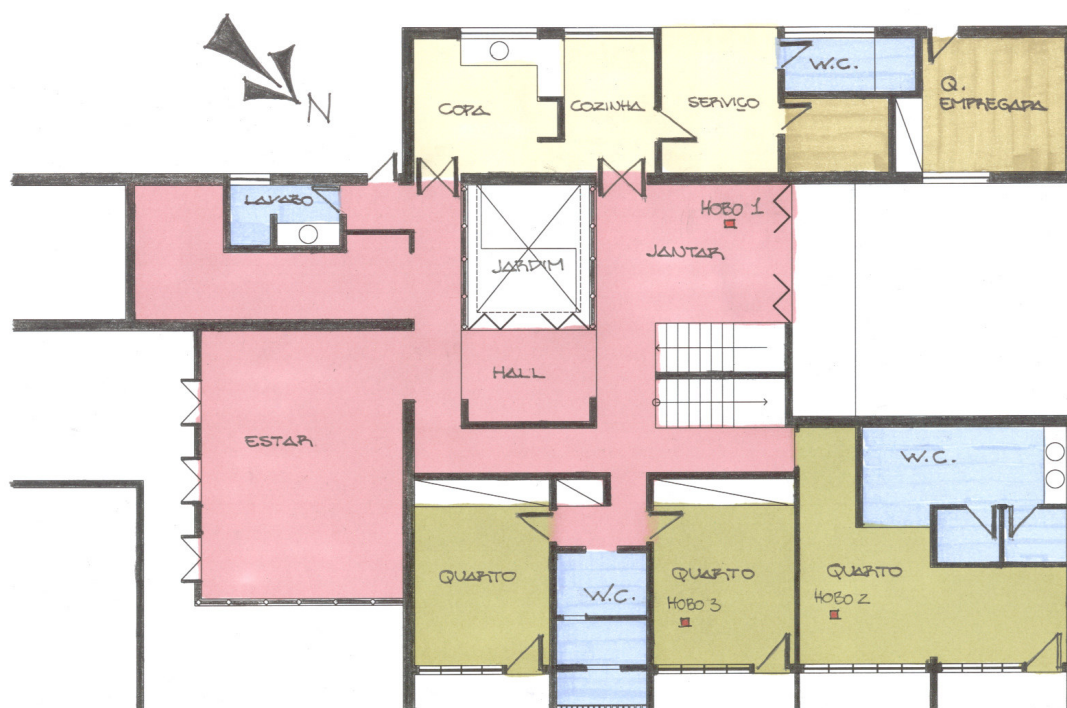


FIGURA 4.20 – Croqui esquemático da residência 03 – 1º pavimento.

Em relação ao maior eixo desta residência, ela possui orientação noroeste-sudeste, estando todas as fachadas protegidas por vegetação, que favorecem o microclima local.

Os hobs foram colocados nos ambientes de maior utilização dos moradores, o hobo 01 no estar/jantar, o hobo 02 na suíte da mãe, o hobo 03 no dormitório da filha (Figura 4.20) e posteriormente o hobo 04 no escritório.

Na concepção do projeto arquitetônico desta residência houve uma grande preocupação para favorecer o melhor desempenho térmico. Algumas destas são: quanto à sua orientação para favorecer a circulação dos ventos dominantes do quadrante norte/leste (Figura 4.20), à distribuição dos ambientes localizando os dormitórios à leste e os ambientes menos utilizados à oeste (Figura 4.20), quanto ao tamanho, orientação e tipo das esquadrias para também favorecer a ventilação (Figura 4.21), quanto aos materiais utilizados – telhas cerâmicas por exemplo (Figura 4.22), quanto a algumas técnicas construtivas como a ventilação da cobertura e utilização de placas “isopor” no forro e também a preservação da vegetação existente na área externa à residência (Figura 4.23).

Para obter o melhor conforto térmico nesta residência, os moradores utilizam aparelhos de ar condicionado somente em dias de verão muito rígidos, ventiladores durante o ano inteiro e deixam as janelas abertas constantemente para favorecer as trocas de ar e a ventilação cruzada, utilizam mosquiteiros para protegerem-se de mosquitos (Figura 4.24) e vestem roupas leves.



FIGURA 4.21 – Escolha por esquadrias em dimensões maiores e que favoreçam a ventilação e iluminação.



FIGURA 4.22 – Cobertura em telhas cerâmicas, ventilada e protegida dos mosquitos típicos da região.



FIGURA 4.23 – A vegetação foi preservada para favorecer o microclima.



FIGURA 4.24 – As janelas dos quartos ficam constantemente abertas para renovação do ar.

Algumas características pessoais dos moradores desta residência estão na Tabela 4.11, para auxílio na análise da frequência dos mesmos na residência e nos hábitos de uso de alguns equipamentos.

TABELA 4.11 - Características dos moradores da residência 03.

Morador	Idade	Sexo	Profissão
1	47 anos	Feminino	Engenheira
2	23 anos	Feminino	Advogada
3	17 anos	Masculino	Estudante
4	28 anos	Feminino	Empregada doméstica

O uso pleno da residência por dois dos moradores (morador 1 e 2) é apenas no período noturno, durante todo o dia pelo morador 3 e nos fins de semana, o uso é pleno pelos três e pela moradora 4.

4.3.4.1 – Desempenho térmico

Os gráficos 4.22, 4.23 e 4.24 mostram as variações das TBS diárias registradas internamente na residência 03 e externamente na estação meteorológica nos meses de janeiro a março.

De uma forma geral, as TBS dos ambientes monitorados apresentaram a mesma tendência das variações externas, porém com menores amplitudes. No mês de janeiro (Gráfico 4.22), por exemplo, a média externa mais elevada foi de 33,8°C às 13:00, enquanto que internamente a TBS na suíte da mãe era de 28,7°C.

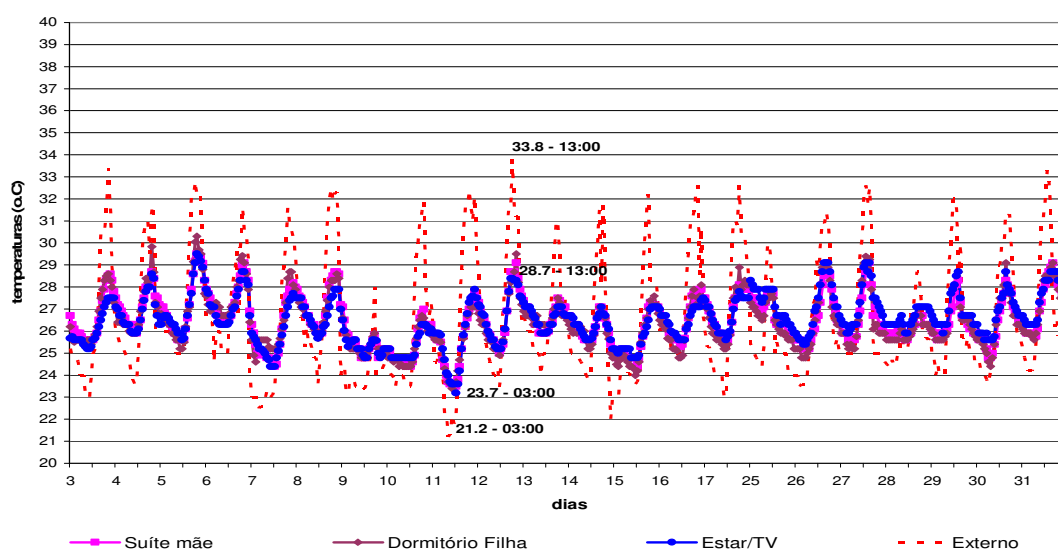


GRÁFICO 4.22 - Variações das TBS horárias na residência 03 – mês de janeiro.

Durante este mês foram monitorados apenas três ambientes, os picos mais elevados foram registrados no dormitório da filha e os mais amenos no estar/tv. Porém, as diferenças das temperaturas registradas nos ambientes são mínimas e não ultrapassam 0,5°C. Já que a imprecisão dos *hobos* é de 0,7°C essa diferença torna-se insignificante, podendo assim afirmar que as TBS internas são similares.

Em relação as TBS mínimas, as externas foram mais amenas no período noturno. Por exemplo, a menor registrada externamente foi de 21,2°C às 3:00 da madrugada, neste mesmo horário a TBS interna era de 23,2°C.

Em fevereiro (Gráfico 4.23), o escritório passou a ser monitorado e apresentou variações que seguiram a mesma tendência dos outros ambientes, porém em média 2°C acima e abaixo das TBS externas. No dia 24, por exemplo, a TBS máxima externa registrada foi de 32°C às 16:00 horas, enquanto que no escritório era de 31,1°C e nos outros ambientes foi registrada uma TBS média de 29°C.

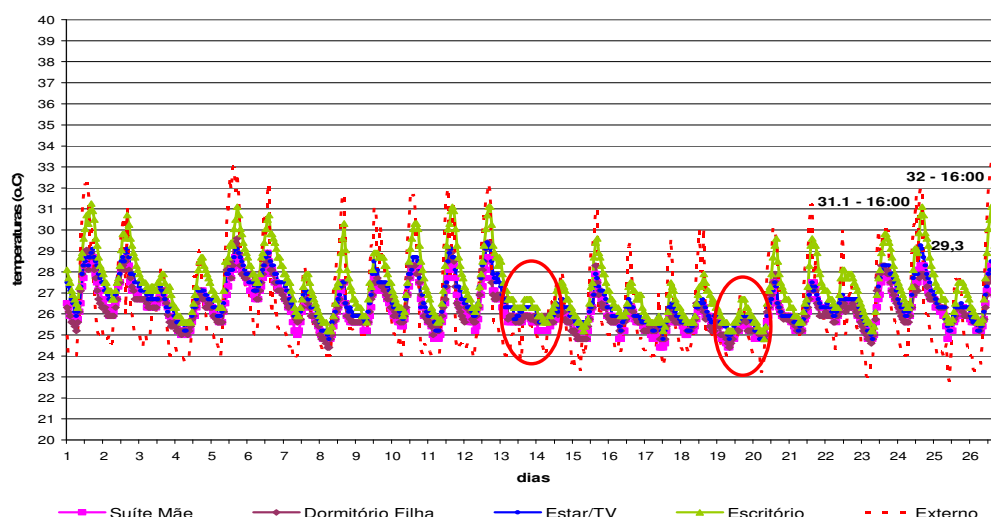


GRÁFICO 4.23 - Variações das TBS horárias na residência 02 – mês de fevereiro.

No período de maior ocorrência de precipitações, como por exemplo os dias 14 e 19, as TBS internas e externas ficaram bem próximas. Ambos os microclimas apresentaram variações semelhantes favorecidos também pelas características construtivas desta residência, já citadas anteriormente.

No mês de março (Gráfico 4.24), os picos das TBS do escritório ficaram mais próximos dos externos e chegando até a ultrapassá-los, como ocorreu no dia 20 por exemplo. Neste dia a TBS externa era de 33,2°C e no escritório de 33,6°C.

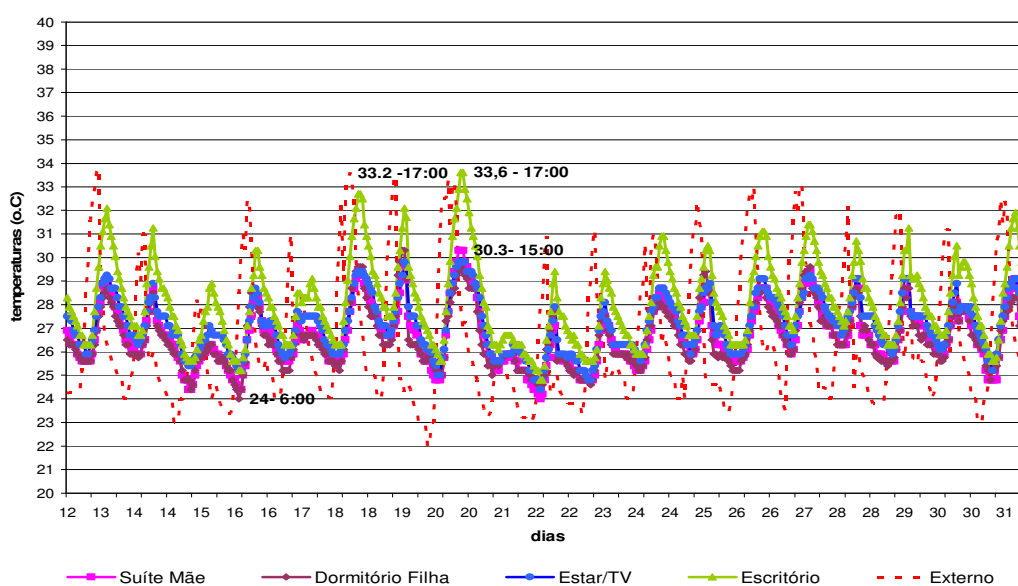


GRÁFICO 4.24 - Variações das TBS horárias na residência 03 – mês de março.

No período noturno, as TBS de todos os ambientes apresentaram variações bem próximas. Já em relação às máximas e mínimas internas com exceção do escritório, conforme pode-se visualizar no gráfico 4.22, foi de 30,3°C na suíte da mãe às 15:00 horas e de 24°C no quarto da filha às 06:00 da manhã.

Seguindo a metodologia de análise dos dados já vista nas residências anteriores, foram organizados alguns gráficos correspondentes às variações das TBS internas e externas em alguns dias chuvosos e em outros ensolarados, escolhidos de acordo com os registros do “diário climático”.

No gráfico 4.25 pode-se observar o comportamento de dois dias em que não ocorreram precipitações – 13 e 14 de março; em geral as TBS internas acompanharam a tendência da variação externa. No período noturno se estendendo até aproximadamente 7:00 da manhã, as temperaturas variaram de 1 a 3°C acima da externa, porém no vespertino esse quadro inverteu-se, passando o microclima interno ser mais ameno; suas temperaturas variaram em até 5°C acima da externa.

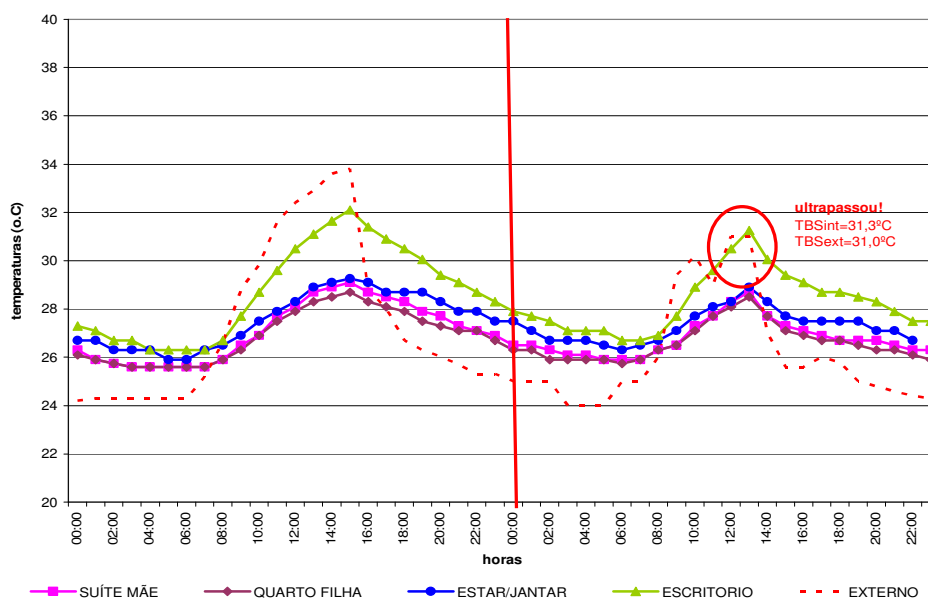


GRÁFICO 4.25 - TBS horárias nos dias 13 e 14 de março (sem ocorrências de precipitações) – residência 03.

Observa-se também que as temperaturas no escritório são sempre as mais elevadas internamente, chegando a ultrapassar a TBS externa, conforme se verifica no gráfico 4.24. Este ambiente é o único que localiza-se no pavimento superior da

residência e desta forma recebe a incidência solar direta em suas paredes, já que não possui qualquer proteção externa.

Nos dias 13 e 14 de fevereiro (Gráfico 4.26), em consequência das ocorrências de precipitações pode-se observar que as temperaturas internas e externas apresentaram variações com pequenas amplitudes durante todo o período. Sendo que no primeiro dia, as internas variaram em até 3°C acima da externa e no segundo dia, em até 2°C abaixo.

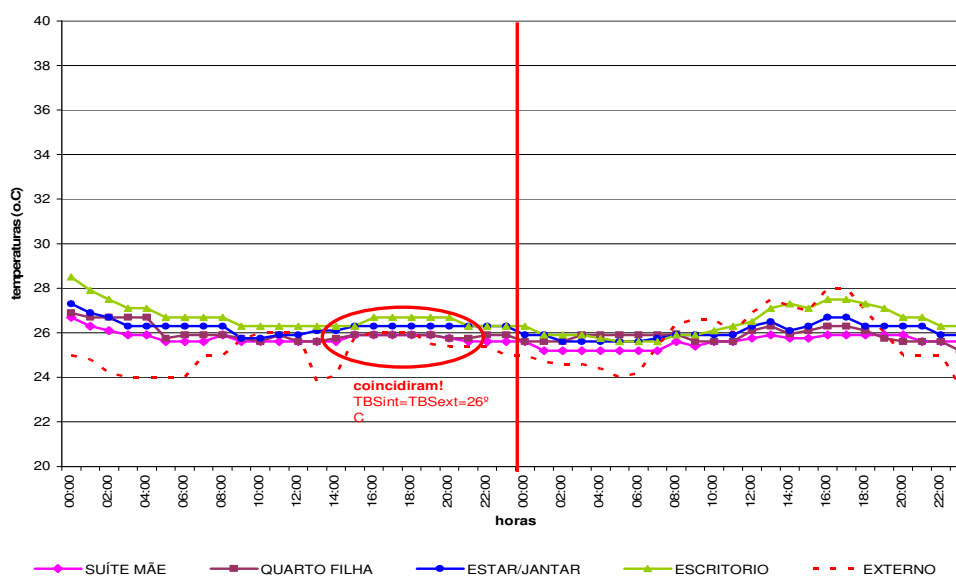


GRÁFICO 4.26 - TBS horárias nos dias 13 e 14 de fevereiro (com ocorrências de precipitações). – residência 03.

Em geral, os microclimas estavam amenos, apresentaram variações na faixa de 24 a 28°C aproximadamente e desempenhos térmicos semelhantes.

De acordo com os gráficos 4.26 a 4.29 pode-se observar as variações das TBS internas e externas nas faixas de horário definidas de acordo com os hábitos dos moradores desta residência no mês de janeiro.

Na faixa de 8:00 às 12:00 no mês de janeiro (Gráfico 4.27), observa-se que as TBS internas registraram variações abaixo das externas e somente quando ocorreram precipitações que esta característica foi alterada, como por exemplo no dia 28. Os três ambientes monitorados apresentaram variações similares, sendo no quarto da filha onde foram registradas as máximas mais elevadas de aproximadamente 29°C e as mínimas mais amenas ocorreram na suíte da mãe a aproximadamente 23,5°C.

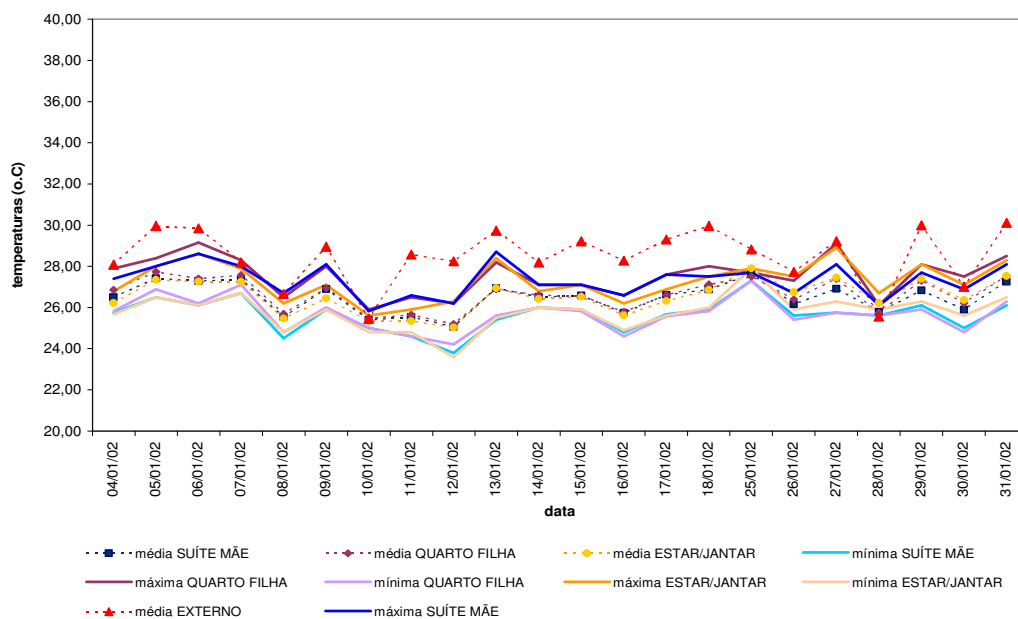


GRÁFICO 4.27 - Variações das TBS na residência 03- 08:00/12:00 - mês de janeiro.

No mês de fevereiro (Gráfico 4.28), o escritório passou a ser monitorado, suas máximas apresentaram variações próximas das médias externas, suas médias coincidiram com as máximas do estar/jantar durante quase todo o mês e apresentou o pior desempenho térmico da residência. Este ambiente é o mais desconfortável, segundo as medições e também as preferências térmicas dos moradores conforme questionários aplicados.

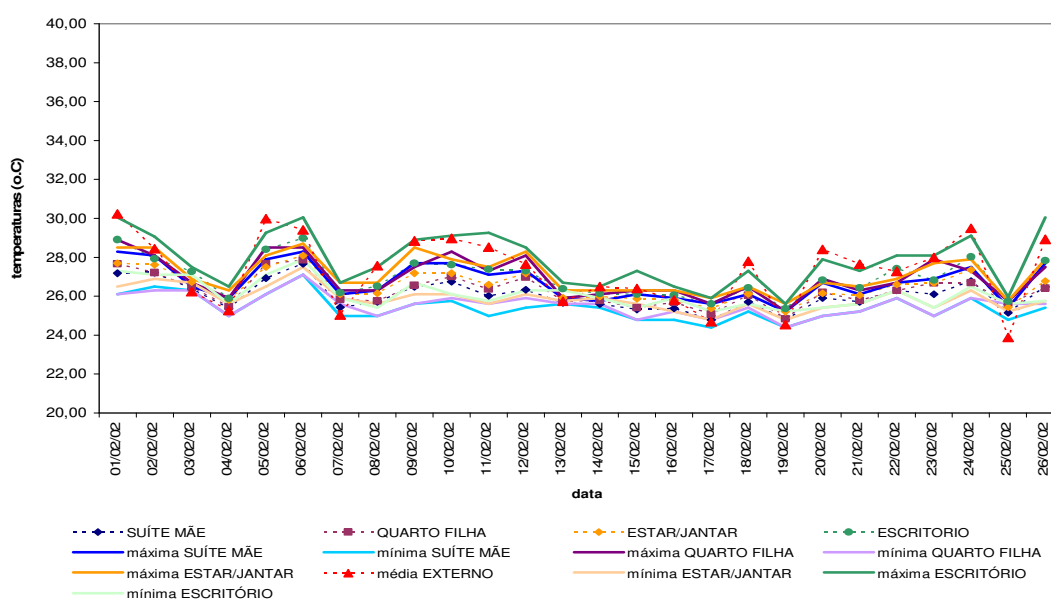


GRÁFICO 4.28 - Variações das TBS na residência 03- 08:00/12:00 - mês de fevereiro.

O quarto da filha e a suíte da mãe foram os ambientes que apresentaram as mínimas mais amenas e com poucas diferenças entre si. Nos períodos de maior ocorrência de precipitações, as médias externas sofreram quedas e ficaram mais próximas das mínimas destes dois ambientes, como por exemplo nos dias 4 e 7.

No gráfico 4.29 pode-se observar as variações das TBS máximas, médias e mínimas no mês de janeiro no horário de 13:00 às 18:00 horas. As TBS internas apresentaram variações abaixo da externa durante quase todo o mês, com exceção dos dias 10 e 25, quando foram registradas maior ocorrência de precipitações.

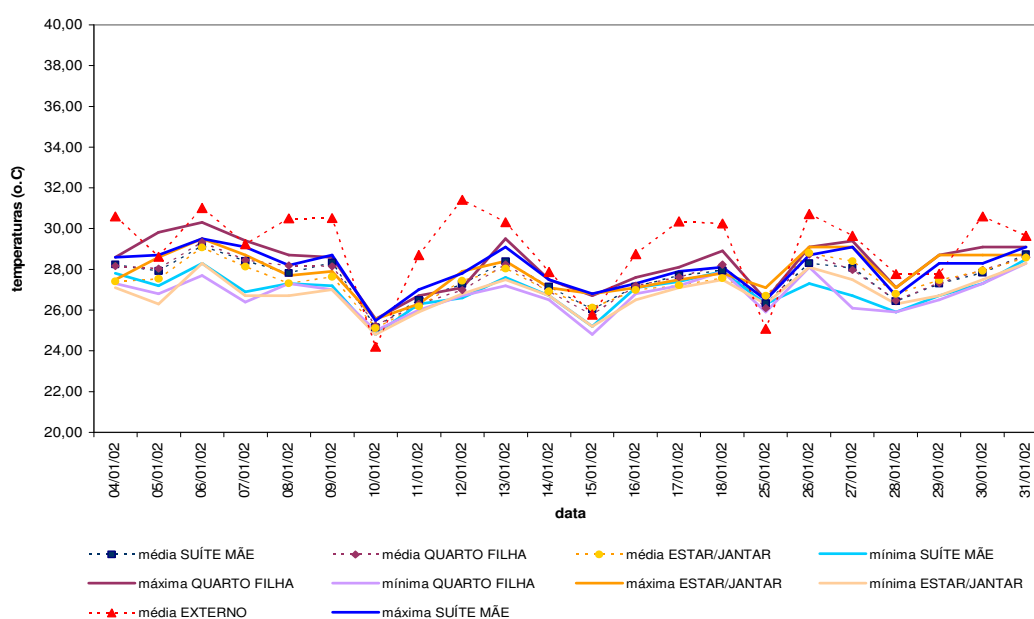


GRÁFICO 4.29 - Variações das TBS na residência 03 - 13:00/18:00 - mês de janeiro.

As máximas mais elevadas e as mínimas mais amenas foram registradas no quarto da filha e a média de todos os ambientes apresentaram variações similares.

No mês de fevereiro, com o aumento da ocorrência de precipitações as variações das TBS internas ficaram mais próximas das externas e o escritório continuou com o ambiente de pior desempenho, da mesma forma como na faixa de horário anterior.

No gráfico 4.30 podem ser observadas as variações das TBS no mês de janeiro de 19:00 às 22:00 horas. Nesta faixa de horário as TBS internas registradas apresentaram variações abaixo das externas com uma diferença de até 5°C nos dias em que não ocorreram precipitações (com exceção dos dias 3, 10, 15 e 26).

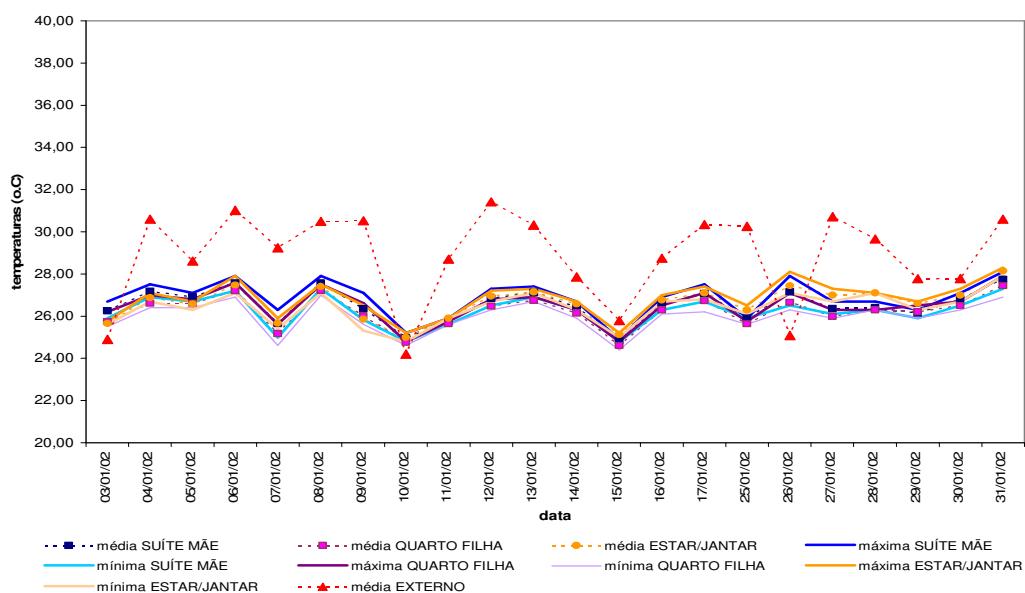


GRÁFICO 4.30 - Variações das TBS na residência 03 – 19:00/22:00 – mês de janeiro.

Observa-se também que todos os ambientes apresentaram seus microclimas similares, com uma diferença entre si de aproximadamente $0,5^{\circ}\text{C}$, o que pode ser desconsiderado levando em consideração a incerteza com que os hobs operam, conforme já citado de $0,7^{\circ}\text{C}$. As máximas mais elevadas ocorreram na suíte da mãe de aproximadamente 28°C e as mínimas mais amenas no quarto da filha de aproximadamente $24,5^{\circ}\text{C}$.

Já no mês de fevereiro (gráfico 4.31) em consequência da maior ocorrência de precipitações, as diferenças entre as médias externas e a internas diminuíram de 5°C para 4°C aproximadamente nos dias sem chuvas e coincidiram nos dias com chuvas.

Observa-se também que o escritório, ambiente considerado pelo moradores como o mais desconfortável, começa a ter seu microclima mais ameno e a apresentar as variações de suas temperaturas mais aproximadas dos outros ambientes da residência.

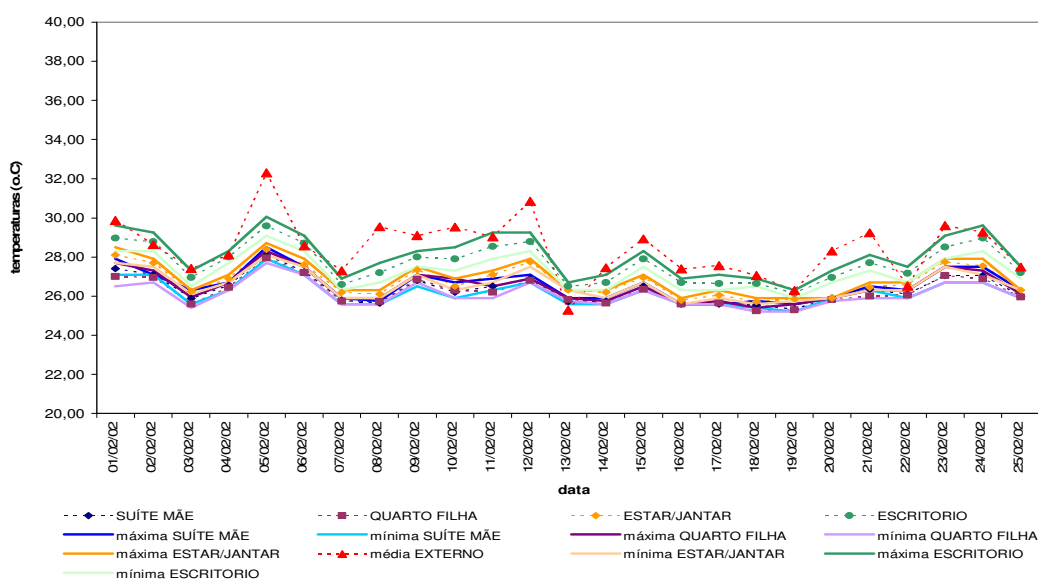


GRÁFICO 4.31- Variações das TBS na residência 03 – 19:00/22:00 – mês de fevereiro.

Como ultima análise por faixas de horários, no gráfico 4.32 pode-se observar as variações das TBS no horário de 23:00 às 07:00 horas da manhã. Neste período as temperaturas internas estavam acima das externas durante todos os dias.

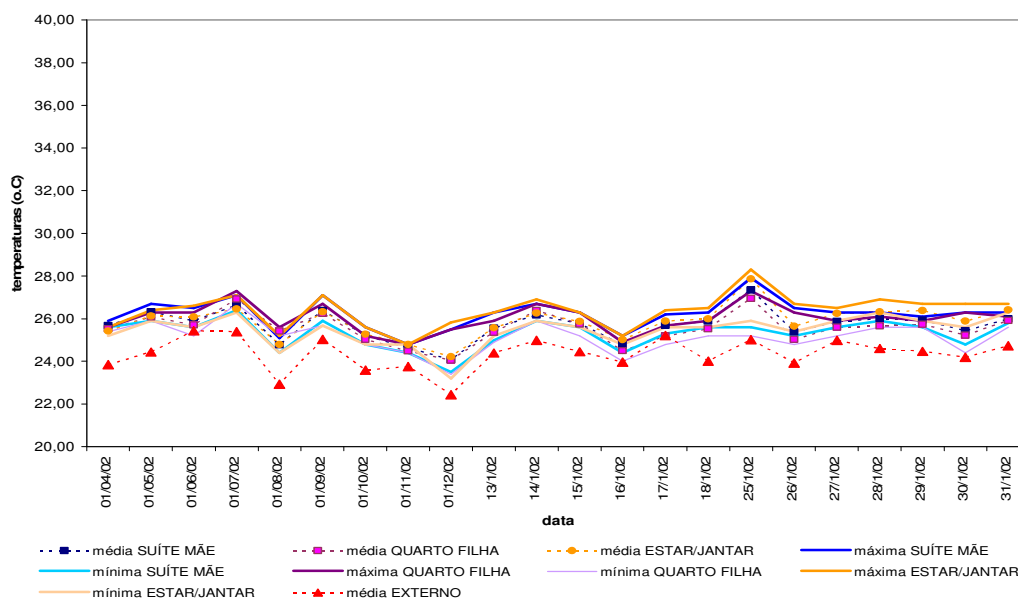


GRÁFICO 4.32 - Variações das TBS na residência 03 – 23:00/07:00 – mês de janeiro.

As TBS máximas e as médias em muitos dias foram semelhantes e não ultrapassaram a temperatura de 28,5°C. As mínimas mais amenas foram registradas na primeira quinzena do mês no estar/jantar e já na segunda passou a ser registrada

no quarto da filha, com uma temperatura média aproximada de 25°C. Estas variações se assemelharam às ocorridas no mês de fevereiro, por isso não será mostrado o gráfico correspondente.

Analisando o desempenho térmico desta residência em todas as faixas de horários, pode-se verificar que no período de 23:00 às 07:00 horas ele é comprometido. Mostrando que a residência conserva grande parte do calor absorvido durante o dia, tornando seu microclima interno com temperaturas mais elevadas que o externo, justamente no período de descanso de seus moradores. Este fato decorre devido as esquadrias permaneceram fechadas neste período, impossibilitando maior troca de calor do ambiente interno com o externo.

4.3.4.2 – Horas em desconforto e desvio médio das temperaturas

O gráfico 4.33 mostra a variação mensal da quantidade de horas em desconforto e do desvio médio (d.m.) das temperaturas monitoradas externa e internamente à residência 03 e que excederam a TBS base de 26,5°C.

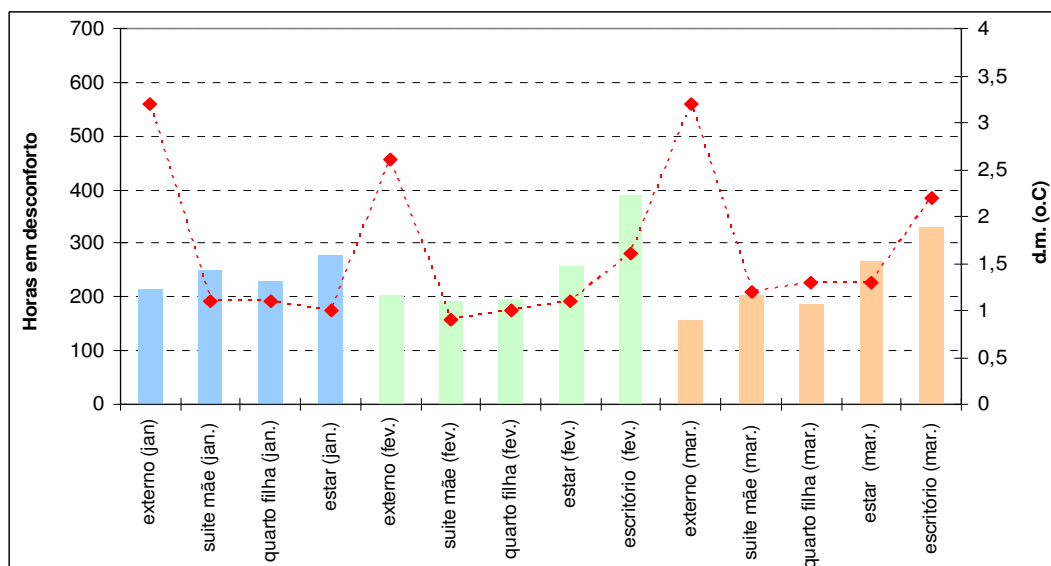


GRÁFICO 4.33 - Quantidade de horas em desconforto e desvio médio - Residência 03.

Pode-se observar que em todos os ambientes internos monitorados ocorreram temperaturas acima da base. Em comparação com as residências já analisadas até aqui, está apresentou as menores quantidades de horas em desconforto, chegando ao

mínimo de 35% das horas medidas no mês de fevereiro e ao máximo de 77% no mês de março; as outras apresentaram até 100% das horas em desconforto.

Observa-se que a quantidade de horas em desconforto no mês de janeiro foi aproximada em todos os ambientes, das 567 monitoradas, em média 250 estavam acima da base. Em fevereiro, das 617 horas, em média 205 horas estavam acima; a partir deste mês passou a ser monitorado o escritório, localizado no pavimento superior da residência e que apresentou as TBS mais elevadas e cerca de 391 horas acima da temperatura base.

Já no mês de março, foram monitoradas aproximadamente 427 horas e em média de 200, estavam acima da base. Com exceção do escritório que apresentou em média 330 de suas horas acima. Neste mesmo mês no ambiente externo apenas cerca de 150 horas ultrapassaram a base estipulada.

Em relação ao d.m. dos ambientes internos (estar, quarto da filha e na suíte da mãe) foi registrada uma variação de 1,1°C a 2,2°C acima da base de 26,5°C, enquanto que no escritório variou em média de 1,5°C a 2,4°C, em consequência da sua exposição direta a radiação solar. Já o d.m. externo foi mais elevado, variando de 2,5°C a aproximadamente 3,5°C.

Analisando a quantidade de horas em desconforto e o d.m. desta residência, fica evidente o bom desempenho térmico da edificação favorecido pelas características construtivas e de projeto que evidenciaram o favorecimento do microclima interno em relação ao externo, com exceção do escritório que apresentou seu desempenho comprometido em virtude da sua exposição direta aos raios solares e a pouca ventilação interna, devido a um erro de projeto que não previu aberturas orientadas para a direção dos ventos dominantes da cidade.

4.3.5 – Caracterização da residência 04

A quarta residência escolhida está localizada na zona leste da cidade, no bairro Armando Mendes, de acordo com o zoneamento da cidade (Figura 4.4).

Sua área construída é de aproximadamente 24,00m², onde se distribuem três ambientes que se subdividem em estar/quarto, cozinha/jantar e um banheiro. Em relação ao maior eixo desta residência, ela possui orientação leste/oeste, ficando o

estar/quarto em posição desprivilegiada, à oeste e sem qualquer proteção solar (Figura 4.24).

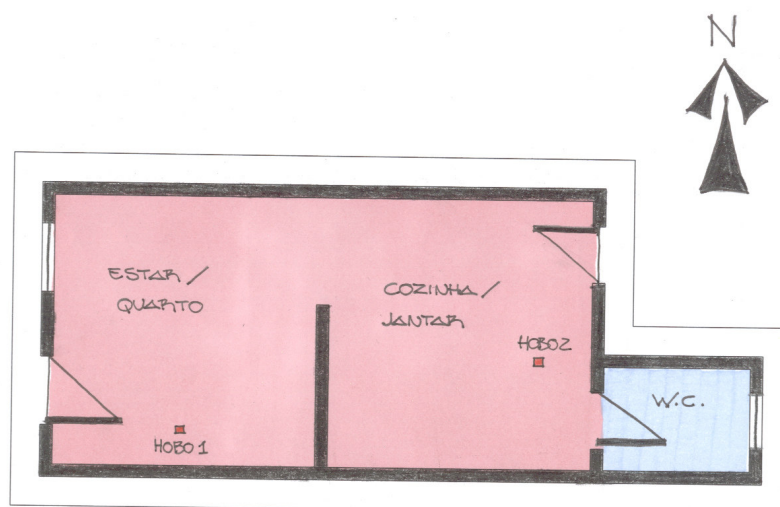


FIGURA 4.24 – Croqui esquemático da residência 04.

Os *hobos* foram colocados em apenas dois ambientes da residência, o *hobo* 01 no estar/quarto e o *hobo* 02 no cozinha/jantar (Figura 4.24).

Na concepção de seu projeto arquitetônico mesmo tratando-se de uma residência localizada em um conjunto habitacional construído para famílias de classe baixa, onde todas as unidades têm as mesmas características e não há a preocupação com a localização de ambientes, aberturas e escolha de materiais; uma característica que chama a atenção é a existência de pequenas aberturas localizadas no topo das paredes com o objetivo de renovar o ar interno (Figura 4.25 e Figura 4.26).



FIGURA 4.25 – Fachada principal – orientação oeste – localização do estar/quarto .



FIGURA 4.26 – Pequenas aberturas para renovação do ar interno.

Para favorecer o conforto térmico nesta residência, os moradores utilizam ventiladores durante o ano inteiro e em relação à ocupação plena, eles a utilizam

apenas durante noite e nos fins de semana. As características dos moradores desta residência são identificadas na Tabela 4.12.

TABELA 4.12 - Características dos moradores da residência 04.

Morador	Idade	Sexo	Profissão
1	33 anos	Masculino	Mecânico
2	27 anos	Feminino	Auxiliar de escritório

O uso pleno da residência pelos dois dos moradores é apenas no período noturno, durante todo o dia a casa permanece fechada, porém no período de medição a moradora 2 permaneceu em casa em quase todas as tardes.

4.3.5.1 – Desempenho térmico

Os gráficos 4.34, 4.35 e 4.36 mostram as variações das TBS diárias registradas internamente na residência 04 e externamente na estação meteorológica nos meses de janeiro a fevereiro. Não foi possível a monitoração do mês de março, por motivo de viagem dos moradores.

De acordo com o gráfico 4.34, pode-se observar que as TBS dos ambientes monitorados apresentaram a mesma tendência das variações externas, porém com maiores amplitudes. Sendo mínima a diferença entre os dois ambientes monitorados, por serem contíguos devido a pouca dimensão da residência.

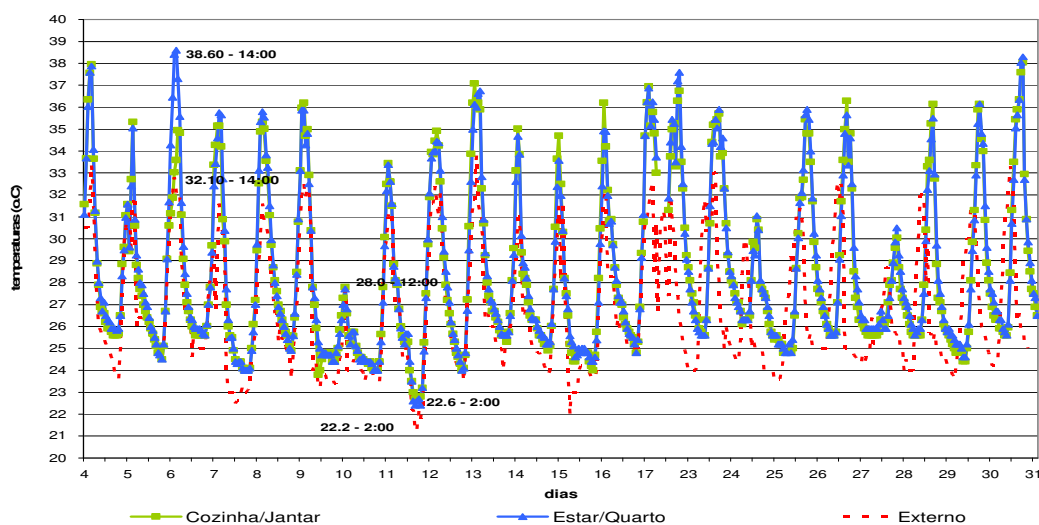


GRÁFICO 4.34 - Variações das TBS horárias na residência 04 – mês de janeiro.

As TBS mínimas internas registradas foram de aproximadamente 22,5°C às 02:00 da madrugada, sendo 22°C a temperatura externa. Já a máxima interna registrada no estar/quarto foi de 38,5°C às 14:00 horas, ultrapassando a externa de 32°C. Fato que ocorreu durante todo este mês, com exceção dos dias em que foram registradas ocorrências de precipitações, como por exemplo dia 10, quando as TBS internas decaíram em média de 8°C e coincidiram com as externas.

No mês de fevereiro (Gráfico 4.35) as características de altas TBS internas repetiram-se e com o aumento da ocorrência de precipitações sofreram quedas constantes, como por exemplo no período dos dias 12 a 14, quando decrescem de aproximadamente 37,5°C para 27°C.

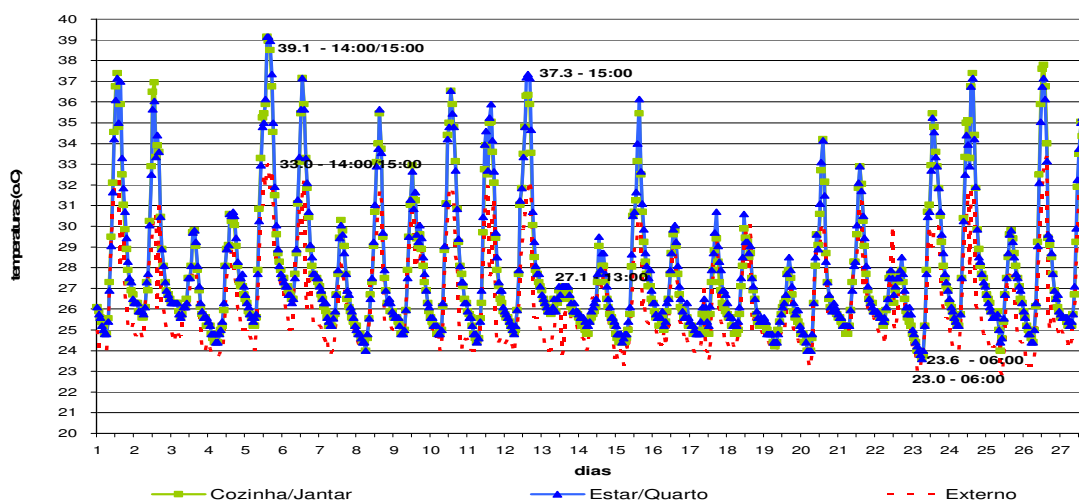


GRÁFICO 4.35 - Variações das TBS horárias na residência 04 – mês de fevereiro.

As temperaturas máximas internas foram registradas no período da tarde e chegaram a aproximadamente 38,5°C em janeiro e 39°C em fevereiro, enquanto externamente a TBS era de em média 32°C nos dois meses. Em relação às mínimas, estas se aproximaram às do ambiente externo; no mês de janeiro no interior da residência foi registrado 22,5°C e na área externa 22°C; enquanto que em fevereiro internamente era de 23,5°C e externamente 23°C.

De uma forma geral, em consequência do pouca resistência térmica das paredes e da cobertura sem isolamento, os ambientes internos apresentaram a mesma tendência das variações externas. Porém, com temperaturas bem mais elevadas principalmente no período da tarde, quando ocorre uma variação com

maiores amplitudes. Neste período a residência permanece fechada, o que não possibilita as trocas de calor e a renovação do ar interno. Já no período noturno as variações das temperaturas são quase coincidentes.

Seguindo a metodologia de análise dos dados utilizada nas residências anteriores, foram organizados alguns gráficos correspondentes às variações das TBS internas e externas em alguns dias chuvosos e em outros ensolarados, escolhidos de acordo com os registros do “diário climático”.

Ressalta-se a diferença quanto a escolha de dias ensolarados que antes foram analisados referentes ao mês de março e agora passam a ser do mês de janeiro, já que esta residência foi monitorada apenas nos meses de janeiro e fevereiro, conforme já comentado (ver seção 3.3.1.3).

No gráfico 4.36 pode-se observar as variações das temperaturas de dois dias em que não ocorreram precipitações – 7 e 8 de janeiro. Em ambos foram registradas grandes diferenças de temperaturas, em média de 10 a 12°C, no decorrer da manhã e da tarde. Por exemplo, no primeiro dia a TBS média era de aproximadamente 26°C no início da manhã e no início da tarde era de aproximadamente 36°C.

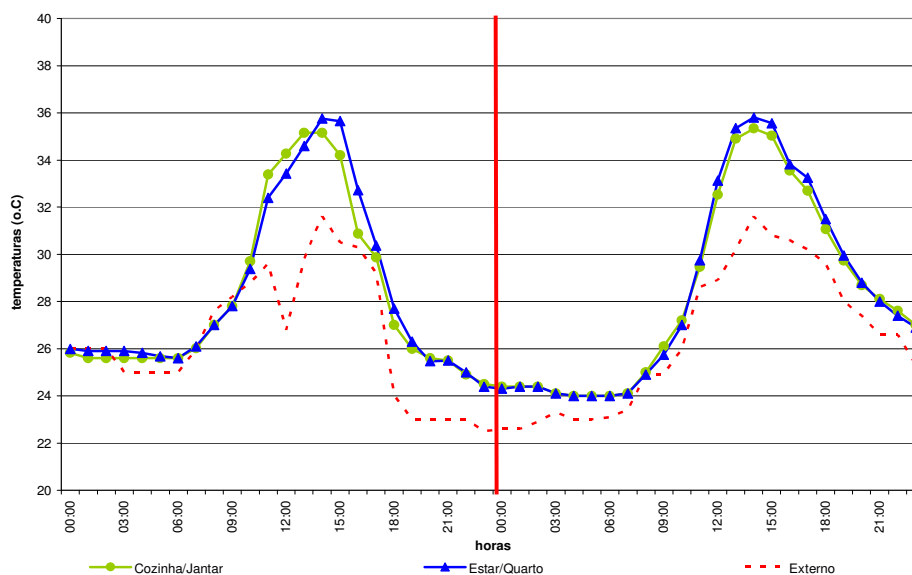


GRÁFICO 4.36 - TBS horárias nos dias 7 e 8 de janeiro (sem ocorrências de precipitações). – residência 04.

No período noturno as TBS apresentaram pouca diferença entre si, estando o microclima interno aproximado e até coincidindo com as condições do externo. Já durante o dia, as TBS internas variaram em média de 5°C acima da externa.

Nos dias 13 e 14 de fevereiro (Gráfico 4.37), em consequência das ocorrências de precipitações, pode-se observar que as temperaturas internas e externas apresentaram variações com pequenas amplitudes durante todo o período e não foram registrados grandes picos de temperaturas.

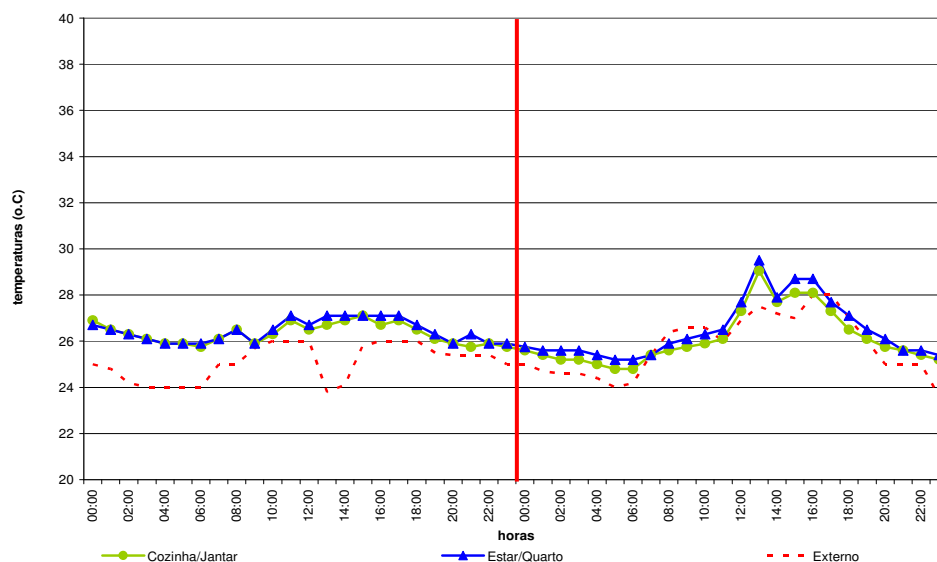


GRÁFICO 4.37 - TBS horárias nos dias 13 e 14 de fevereiro (com ocorrências de precipitações). – residência 04.

Em média as TBS variaram na faixa de 25 a 27°C e registraram um pico de temperatura aproximadamente de 29,5°C quando diminuíram as precipitações. O microclima interno permaneceu constante durante o decorrer das precipitações tanto no período diurno quanto no noturno.

De acordo com os gráficos 4.38 a 4.43 pode-se observar as variações das TBS internas e externas nas faixas de horário definidas de acordo com os hábitos dos moradores desta residência no mês de janeiro e fevereiro.

Analisando as variações do mês de janeiro no horário de 8:00 às 12:00 (Gráfico 4.38) pode-se observar que as TBS internas variam de maneira similar, já que a residência é de tamanho reduzido. A TBS média registrada foi de aproximadamente 31°C, com exceção dos dias 10 e 28, quando as mesmas variaram de 25,5°C a 26,5°C aproximadamente, em consequência das ocorrências de precipitações. Já em relação às médias externas, sua variação foi aproximada de 29°C.

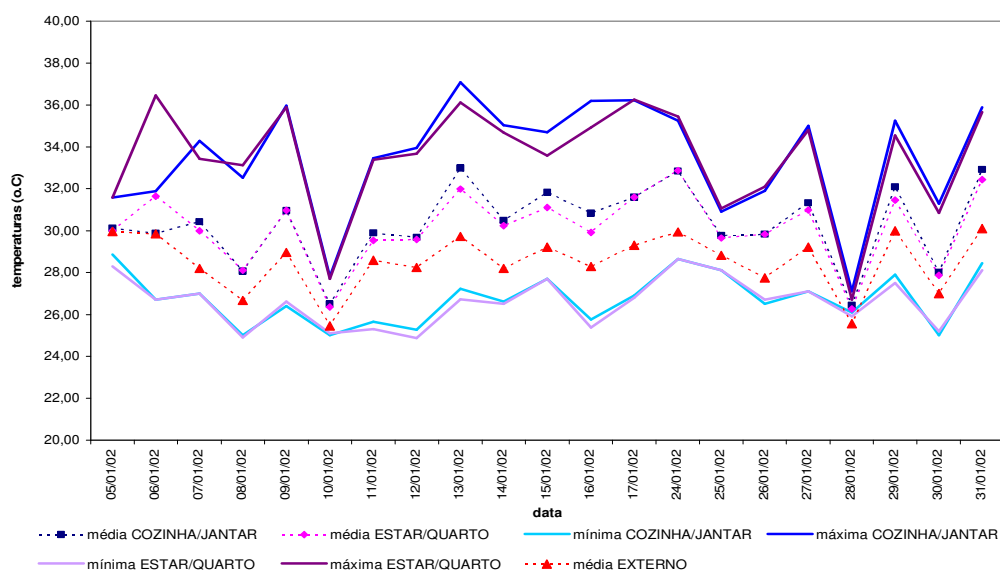


GRÁFICO 4.38 - Variações das TBS na residência 04 - 08:00/12:00 - mês de janeiro.

No mês de fevereiro (Gráfico 4.39), as precipitações foram mais freqüentes, principalmente no período dos dias 13 a 22, quando as TBS médias internas variaram aproximadamente de 25°C a 28°C. Neste mesmo período, as TBS máximas internas registraram um pico máximo de 30°C e as mínimas chegaram a aproximadamente 25°C ; já as TBS médias externas variavam sempre abaixo das temperaturas internas.

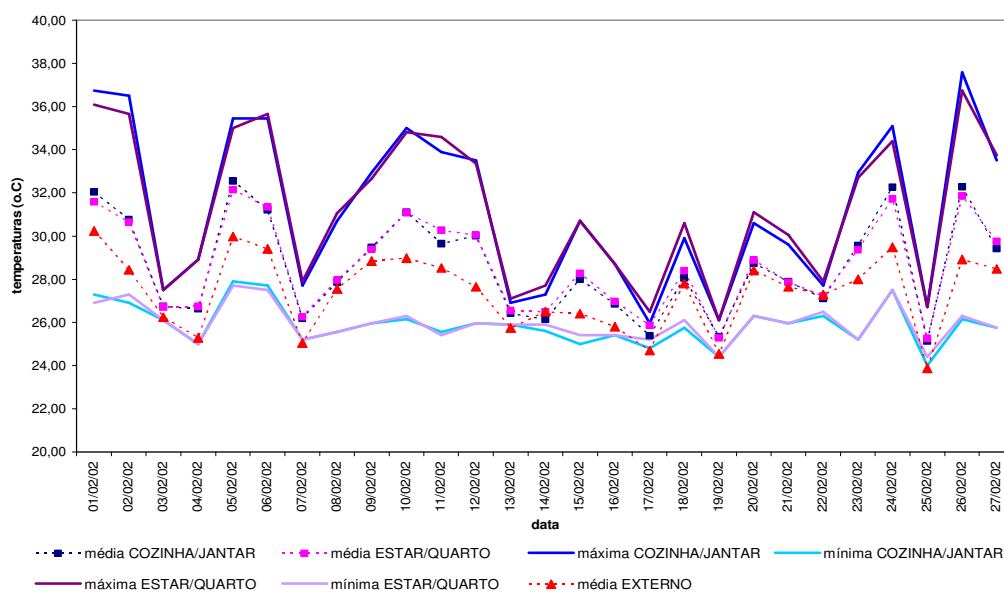


GRÁFICO 4.39 - Variações das TBS na residência 04 - 08:00/12:00 - mês de fevereiro.

Nestes dois meses, pode-se observar que durante os dias chuvosos as TBS médias internas e externas apresentaram uma diferença desprezível de aproximadamente $0,5^{\circ}\text{C}$, mostrando a aproximação térmica de seus microclimas. Já nos períodos não chuvosos, esta diferença passa para aproximadamente $2,5^{\circ}\text{C}$ a mais para o ambiente interno, mostrando a maior conservação de calor interna, porém é o período em que ela é ocupada somente nos fins de semana e feriados.

No gráfico 4.40 pode-se observar as variações das TBS máximas, médias e mínimas no mês de janeiro no horário de 13:00 às 18:00 horas, quando as médias internas variaram aproximadamente de 30 a 35°C e o estar/quarto foi o ambiente onde foram registradas as máximas mais elevadas (aproximadamente 39°C), devido estar orientado à oeste, o que o deixa em maior exposição a incidência solar direta.

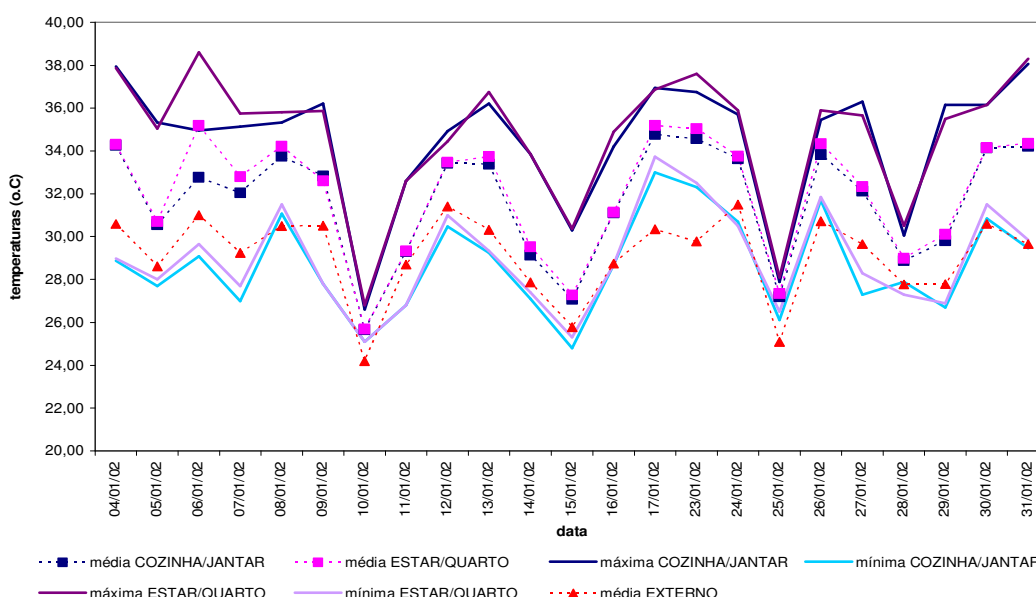


GRÁFICO 4.40 - Variações das TBS na residência 04 - 13:00/18:00 - mês de janeiro.

Neste mesmo período, as médias externas variaram de aproximadamente 28 a $31,5^{\circ}\text{C}$. Porém, nos dias em que foram registradas ocorrências de precipitações, a TBS média interna chegou a aproximadamente 25°C e a externa a 24°C .

No mês de fevereiro (Gráfico 4.41), as precipitações foram ainda mais frequentes durante o período dos dias 13 a 19; desta forma, as TBS foram influenciadas e sofreram quedas de até 8°C e as TBS internas aproximaram das externas.

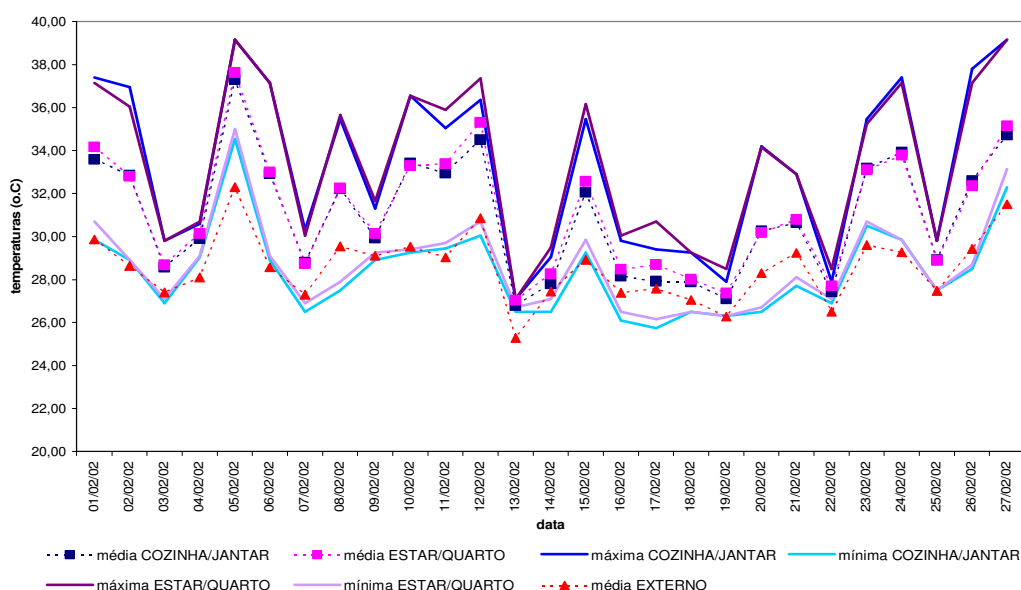


GRÁFICO 4.41- Variações das TBS na residência 04 - 13:00/18:00 - mês de fevereiro.

No gráfico 4.42 podem ser observadas as variações das TBS no mês de janeiro de 19:00 às 22:00 horas. Nesta faixa de horário foram registradas TBS máximas de aproximadamente 30°C e mínimas de 24°C nos dois ambientes monitorados. Em relação às médias, o ambiente interno apresentou TBS mais elevadas que o externo, com uma diferença de 1 a 2°C acima.

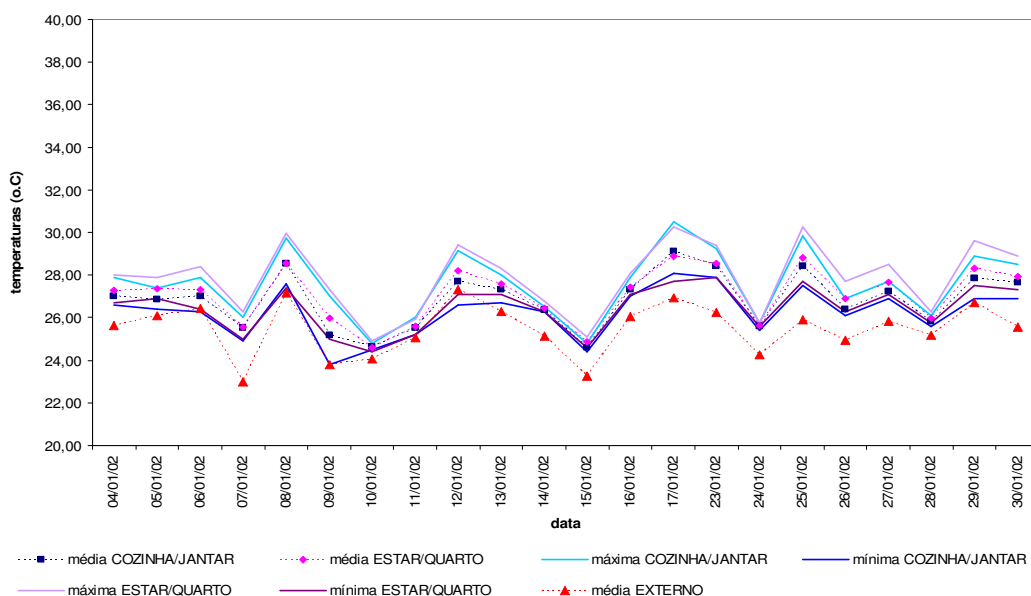


GRÁFICO 4.42 - Variações das TBS na residência 04 - 19:00/22:00 - mês de janeiro.

Observa-se também que nos dias com maior frequência de precipitações (dias 15, 24 e 28), as TBS internas e externas registraram variações muito próximas, também com uma diferença de 1 a 2°C aproximadamente.

Em relação ao mês de fevereiro, as variações assemelharam-se à janeiro. Foi registrada uma TBS máxima de 32°C no estar/quarto, porém em geral, as médias foram de 27°C aproximadamente.

Nesta faixa de horário, a residência tem plena a ocupação dos moradores e para minimizar as condições de desconforto, eles utilizam ventiladores e vestem roupas leves.

No gráfico 4.43 podem ser observadas as variações das TBS no mês de janeiro no horário de 23:00 às 07:00 horas. Neste período as TBS máximas não ultrapassaram a temperatura de 27,5°C e as mínimas registradas foram em média de 24°C. Em relação às temperaturas externas, foram registradas diferenças de no máximo 1,5°C.

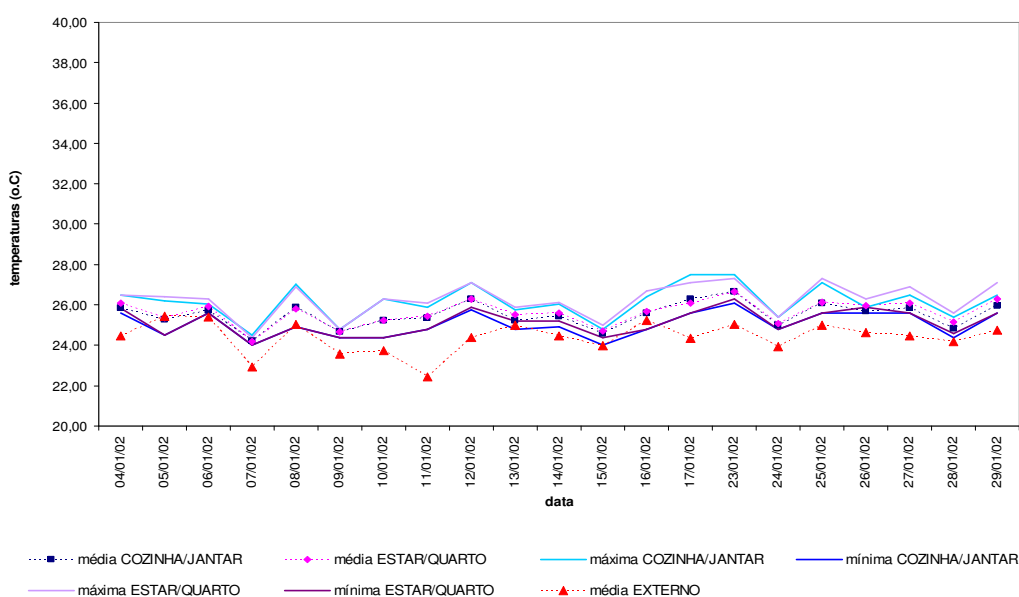


GRÁFICO 4.43 - Variações das TBS na residência 04 – 23:00/07:00 – mês de janeiro

No mês de fevereiro, as variações novamente assemelharam-se à janeiro mesmo com o aumento da frequência de precipitações. Foi registrada uma TBS máxima de aproximadamente 28°C no estar/quarto e em geral as médias foram de 26°C e não apresentaram grandes diferenças em relação ao meio externo.

Analisando os períodos noturnos e comparando-os com os diurnos, verificam-se grandes diferenças entre as amplitudes e os microclimas; mostrando o alto índice

de desconforto interno durante o dia na residência, principalmente no período de 08:00 às 12:00 horas. Já no período noturno, ambos os microclimas são mais amenos e é quando a residência tem maior utilização pelos moradores, já que eles trabalham o dia inteiro.

4.3.5.2 – Horas em desconforto e desvio médio das temperaturas

O gráfico 4.44 mostra a variação mensal da quantidade de horas em desconforto e do desvio médio (d.m.) das temperaturas monitoradas externa e internamente à residência 04 somente nos meses de janeiro e fevereiro, pois em virtude de viagem dos moradores não foi possível monitorar o mês de março. A TBS base também foi de 26,5°C.

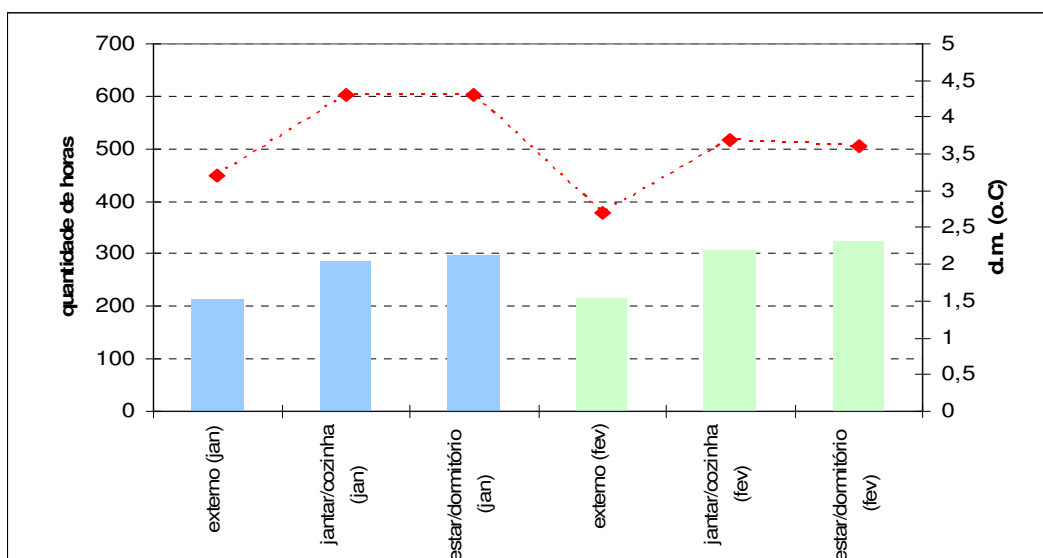


GRÁFICO 4.44 - Quantidade de horas em desconforto e desvio médio - Residência 04.

Pode-se observar que nos dois meses foram registradas temperaturas acima da base estipulada, tanto no ambiente externo quanto nos internos. A quantidade de horas em desconforto foi de aproximadamente 50% internamente e 35% na área externa.

No mês de janeiro foram monitoradas 567 horas e em média 292 estavam acima da base. Já em fevereiro, foram monitoradas 644 horas, das quais em média 316 estavam acima. No ambiente externo a quantidade de horas não foi mais que 40% das medidas em ambos os meses.

Em relação aos desvios médios dos ambientes internos, no mês de janeiro foi registrado um d.m. de 4,3°C acima da base e em fevereiro, em consequência da maior frequência de precipitações, o d.m. foi de no máximo 3,7°C.

Não ocorreram grandes diferenças de variações nos d.m. internos, devido a pouca dimensão da residência, estando os hobs localizados em ambientes contíguos.

De acordo com a quantidade de horas em desconforto dos ambientes internos e externos, evidencia-se a influência da pouca resistência térmica das paredes e cobertura desta residência, gerando microclimas com variações de TBS muito aproximadas; e como os d.m. internos foram mais elevados que os externos, isto acaba que comprometendo também o desempenho térmico, em consequência também da pouca ventilação e renovação de ar interno.

4.3.6 – Umidade relativa

Os 3 hobs UR foram dispostos primeiramente nas residências 01 (jantar/cozinha), 02 (suíte casal) e na 03 (suíte mãe). Sendo que neste período de medição, ocorreram alguns deslocamentos dos hobs, conforme tabela 4.13.

TABELA 4.13 - Localização e deslocamentos dos hobs UR nas residências.

Período de medição	CASA 01		CASA 02		CASA 03			CASA 04	
	JANTAR/COZINHA	SUITE	SUITE CASAL	ESTAR/JANTAR	SUITE MÃE	QUARTO FILHA	ESTAR	ESTAR/DORMITÓRIO	COZINHA/JANTAR
03 a 09/jan	hobo UR	x	hobo UR	x	hobo UR	x	x	x	x
10/jan	hobo UR	x	hobo UR	x	x	hobo UR	x	x	x
11a 18/jan	hobo UR	x	x	hobo UR	x	hobo UR	x	x	x
24/jan a 26/fev	x	hobo UR	x	x	x		hobo UR	hobo UR	x

Após mais ou menos a segunda quinzena de medições, o hobo da residência 02 foi transferido para a 04 e nas outras, foram novamente deslocados para que assim fosse possível obter maior número de dados de umidade interna e também observar as variações nos diversos ambientes, conforme localização e orientação dos mesmos.

Devido a necessidade da troca de baterias, alguns dias não foram medidos – 19 a 24 de janeiro e não foram coletados dados referentes ao mês de março.

Os dados dos ambientes foram agrupados por residência e analisados quanto à média, desvio padrão, umidade máxima e mínima, conforme tabela 4.14.

TABELA 4.14 - Dados estatísticos de UR das residências.

JANEIRO	RESIDÊNCIA 01	RESIDÊNCIA 02	RESIDÊNCIA 03	RESIDÊNCIA 04	EXTERNO
média	74,8	73,2	85,2	84,8	91,5
Desv Pad	6,86	8,10	6,23	14,44	12,07
Max Jan	91,0	91,3	95,7	100,0	100,0
Min Jan	57,3	47,9	64,3	45,2	57,0

FEVEREIRO	RESIDÊNCIA 01	RESIDÊNCIA 02	RESIDÊNCIA 03	RESIDÊNCIA 04	EXTERNO
média	79,0	SEM HOBO	84,0	89,0	93,6
Desv Pad	7,15	SEM HOBO	6,88	13,67	10,35
Max Fev	93,4	SEM HOBO	96,3	100,0	100,0
Min Fev	60,4	SEM HOBO	60,7	42,5	61,0

Pode-se assim verificar que as médias das UR nestes dois meses variaram na faixa de 73 a 89% nas residências medidas e no ambiente externo e de 91 a 94% , conforme verifica-se no gráfico 4.45. Isto demonstra uma aproximação em relação a UR média para a cidade de Manaus segundo os dados das normais do INMET (ver seção 3.3.1.2) que é de 87% e também em relação ao TRY da cidade (ver seção 4.2.2), que apresentou variação na faixa de 95 a 100%.

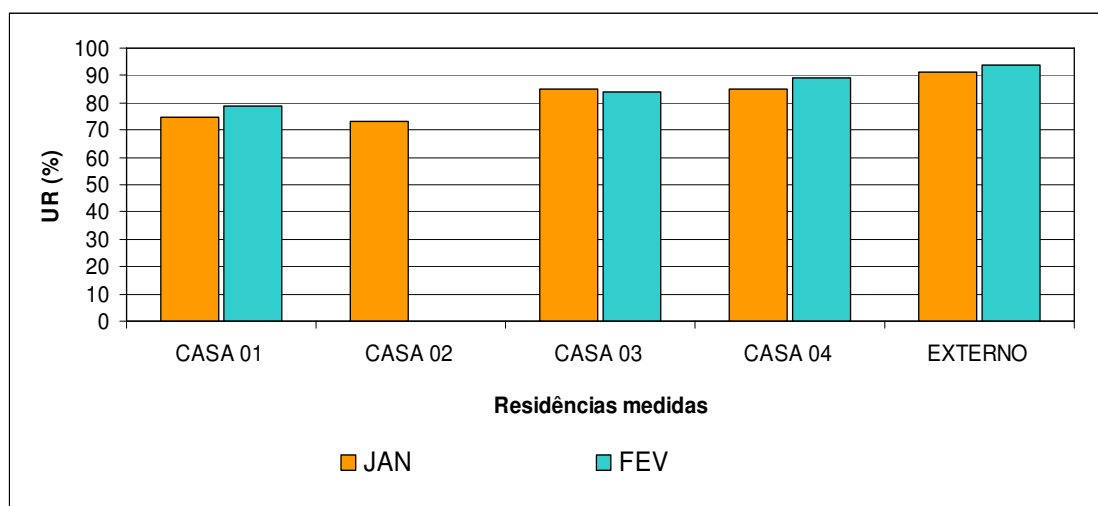


GRÁFICO 4.45 - Comparativo médio de UR das residências.

Quanto ao desvio padrão, os mais elevados foram verificados em relação aos dados da residência 04 e do ambiente externo, representando uma maior dispersão em torno de suas médias neste período, em consequência do aumento das amplitudes. Este fato, demonstra mais uma vez a influência da pouca resistência térmica das paredes e da cobertura da residência, causando uma maior aproximação

das variações de UR em relação ao ambiente externo, conforme verifica-se no gráfico 4.46.

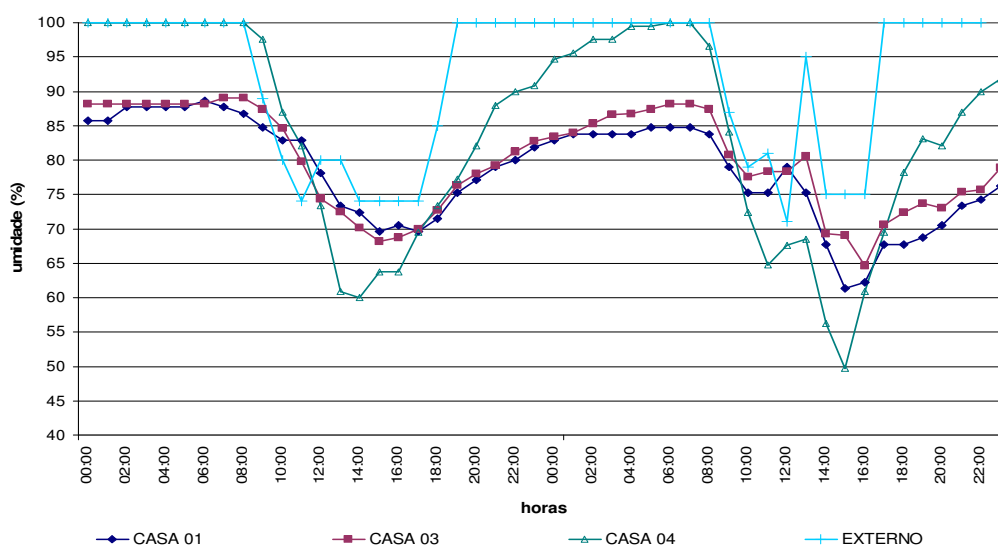


GRÁFICO 4.46 - Variação da UR nos dias 23 e 24 de fevereiro – período com ocorrência de precipitações.

Em relação às máximas, também não foram verificadas grandes diferenças em relação ao meio externo. Porém, quanto as umidade mínimas, vale ressaltar que a taxa de umidade relativa de 47,9% da residência 02, corresponde aos ambientes estar/jantar e suíte do casal, este onde durante a noite foi utilizado ar condicionado e que neste período estava programado para a temperatura de 16°C.

4.3.7 – Análise do desempenho térmico das quatro residências monitoradas

Para analisar conjuntamente o desempenho térmico das quatro residências monitoradas, foram escolhidos os dormitórios de cada uma e um dia em que não foram registradas ocorrências de precipitações para que fosse possível verificar as condições extremas de calor (Gráfico 4.47).

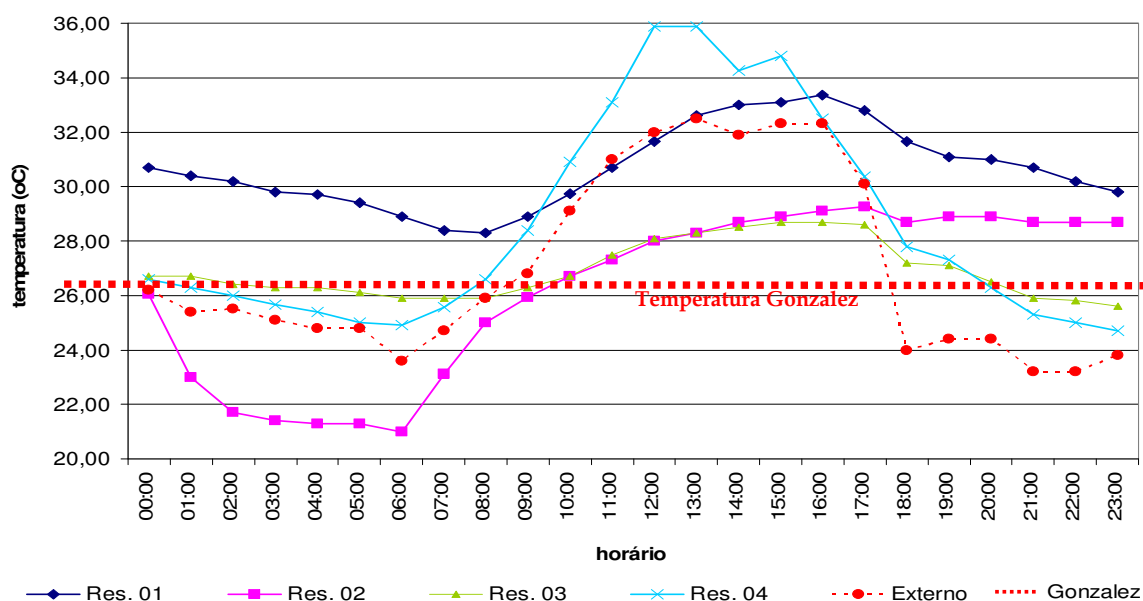


GRÁFICO 4.47 – Variações das TBS nas quatro residências – dia 09/01/02 – sem ocorrências de precipitações

Através do gráfico, observa-se que o dormitório da residência 02 foi o mais ameno na madrugada em virtude da utilização de ar condicionado; a TBS registrada foi de aproximadamente 21°C e apresentou variações menores que o ambiente externo.

Entre os dormitórios não condicionados, o pertencente à residência 04 (casa popular) apresentou o melhor desempenho noturno em virtude de sua pouca resistência térmica das paredes e da cobertura, que aproxima a variação do microclima interno do externo, conforme já comentado nesta pesquisa. Observa-se que suas TBS foram as mais próximas das externas.

Esta residência é mais utilizada no período noturno, portanto os moradores não ficam expostos às extremas condições de temperaturas elevadas do período diurno.

Em contrapartida, na residência 01 seus moradores passam a maior parte do tempo em casa, mesmo durante o dia e estas condições extremas de temperaturas são sentidas. Para resolver isto, eles passam a utilizar outros ambientes que ofereçam melhores condições de conforto, tais como a cozinha/jantar e a área externa, que são considerados mais amenos e mais refrescados.

O dormitório da residência 01 foi o ambiente onde foi registrado o pior desempenho térmico, com suas TBS variando de aproximadamente 28°C a 33°C, sendo que no período noturno a temperatura amenizou um pouco e passou a registrar aproximadamente 30°C.

Na residência 03 as TBS do dormitório variaram em menores amplitudes na faixa de 26°C a 29°C, resultando no melhor desempenho durante todo o decorrer do dia.

Tomando por base a temperatura de 26,5°C utilizada por GONZALEZ et. al (1996), o gráfico mostra a existência de 24 horas em desconforto para a residência 01 e de aproximadamente 14 para a residência 02, 12 para as residências 03 e 04 e de 8 para o ambiente externo.

4.3.8 - Análise das horas em desconforto e desvio médio das temperaturas das quatro residências monitoradas

Na tabela 4.15 observa-se o resumo das horas em desconforto e dos desvios médios das temperaturas para cada residência monitorada. Em virtude da grande ocorrência de TBS acima da base de 26,5°C, o que já é uma situação de desconforto térmico, optou-se por analisar apenas a quantidade de horas em desconforto.

TABELA 4.15 - Resumo das horas em desconforto e desvios médios de temperaturas das residências monitoradas

CASA 01			CASA 02			CASA 03			CASA 04		
JANEIRO			JANEIRO			JANEIRO			JANEIRO		
	Hd	d.m.		Hd	d.m.		Hd	d.m.		Hd	d.m.
externo	229	3,2	externo	220	3,2	externo	215	3,2	externo	212	3,2
suite	567	3,9	copa/cozinha	564	2,8	suite mãe	249	1,1	jantar/coz.	286	4,3
dormitorio	572	4,0	suíte casal	346	1,8	quarto filha	230	1,1	estar/dormit.	298	4,3
jantar	567	3,5	estar/jantar	563	2,4	estar/jantar	277	1,0			
FEVEREIRO			FEVEREIRO			FEVEREIRO			FEVEREIRO		
externo	207	2,6	externo	207	2,6	externo	204	2,6	externo	216	2,7
suite	623	3,3	copa/cozinha	616	2,1	suite mãe	192	0,9	jantar/coz.	308	3,7
dormitorio	623	3,2	suíte casal	341	1,3	quarto filha	196	1,0	estar/dormit.	325	3,6
jantar	619	2,9	estar/jantar	609	1,5	estar/jantar	257	1,1			
						escritório	391	1,6			
MARÇO			MARÇO			MARÇO			MARÇO		
externo	168	3,3	externo	144	3,4	externo	157	3,2	externo	não há dados	
suite	456	3,9	copa/cozinha	402	2,2	suite mãe	203	1,2	jantar/coz.	não há dados	
dormitorio	456	3,9	suíte casal	275	1,2	quarto filha	187	1,3	estar/dormit.	não há dados	
jantar	455	3,5	estar/jantar	402	1,7	estar/jantar	266	1,3			
						escritório	330	2,2			

Por este ângulo, as residências 03 e 04 foram as que menos apresentaram horas em desconforto; sendo a residência 3 favorecida pelas estratégias de projeto utilizadas, tais como: isolamento térmico e ventilação da cobertura (Figura 4.27), dimensões e orientações das esquadrias (Figura 4.28), vegetação no entorno, orientações dos ambientes e pé-direito mais alto (5 metros) que o exigido na legislação local. Já a residência 4, é favorecida pelas características de pouca inércia térmica de seu envelope, o que deixa seu microclima interno com variações de temperaturas e umidade muito próximas do ambiente externo e também favorece o menor armazenamento de calor interno.



FIGURA 4.27 – Cobertura em telhas cerâmicas, ventilada e protegida dos mosquitos típicos da região.



FIGURA 4.28 – Escolha por esquadrias em dimensões maiores e que favoreçam a ventilação e iluminação.

As residências 01 e 02 apresentaram quase 100% de suas horas em desconforto, com exceção da suíte da residência 02 onde é utilizado ar condicionado. A primeira apresenta cobertura não ventilada e sem isolamento térmico e ainda seu entorno é desprovido de qualquer vegetação que favoreça o sombreamento, amenize o microclima e diminua o albedo, pois a área externa é composta por elementos cerâmicos na cor clara que aumentam a reflexão solar para a residência (Figuras 4.29 e 4.30). Já a segunda, tem a grande quantidade de horas em desconforto conseqüente da falta de ventilação cruzada.



FIGURAS 4.29 e 4.30 – Área externa da residência 01 – elementos cerâmicos e paredes brancas aumentam o albedo.

4.4 – Estudo de caso – Sensações e preferências térmicas

Conforme metodologia citada (seção 3.3.3 a seção 3.3.3.2) para coleta destes dados foram utilizados questionários (Apêndice B) divididos em duas partes. A primeira, composta por cinco questões subjetivas formuladas para obtenção de informações a respeito das condições construtivas e de conforto das residências e a segunda, por questões objetivas relacionadas à sensação e preferência térmica momentâneas dos moradores.

Analisando as respostas referentes à primeira parte do questionário na residência 01 pode-se observar algumas contradições nas opiniões dos dois moradores entrevistados. Um manifestou insatisfação com a residência, sugerindo a utilização de vegetação para amenizar o desconforto e até em mudar a suíte do local para outro com melhor orientação; já o outro manifestou considerar a residência confortável em virtude de sua localização e por possuir muitas janelas que facilitam a ventilação interna, porém sugeriu a utilização contínua de ar condicionado.

Quanto à residência 02, os moradores a consideram confortável e bem ventilada, porém mesmo assim preferem utilizar o ar condicionado para favorecer o conforto térmico interno e sugerem utilizá-lo também no estar/jantar. Em relação a 03, os moradores mostraram-se satisfeitos com as condições construtivas da residência e a consideram confortável mesmo no verão e bem ventilada, porém destacam alguns aspectos negativos como a alta umidade interna e a pouca ventilação no escritório por não possuir aberturas orientadas para a direção dos

ventos dominantes da cidade (quadrante norte-leste). Para favorecer o conforto, estes moradores dão preferência por ventiladores e em dias de calor extremo utilizam o ar condicionado por poucas horas, em média por três horas.

Quanto aos moradores da residência 04, suas respostas foram de insatisfação com as características construtivas, alegando não serem adequadas às condições climáticas da cidade e que para favorecer o conforto interno durante a noite, utilizam ventiladores e vestem roupas leves.

Em relação às questões subjetivas, na tabela 4.16 pode-se verificar as respostas dos moradores entrevistados nas quatro residências. De uma forma geral, todos estavam utilizando roupas leves e exercendo atividades que não requeriam esforços físicos, tais como: dormindo, comendo, assistindo tv ou realizando atividades domésticas.

TABELA 4.16 – Sensações e preferências térmicas dos moradores

Questões subjetivas	residência 01		residência 02	
	morador 01	morador 02	morador 01	morador 02
sensação	levem.c/ calor	levem.c/ calor	levem.c/ calor	nem c/ calor, nem c/ frio
conforto	levem.desconfortável	muito desconfortável	confortável	confortável
preferência	um pouco mais refresc.	bem mais refrescado	um pouco mais refresc.	assim mesmo
data	14/01	14/01	15/01	13/01
horário	16:00	16:40	12:30	21:00
TBS	29,5°C	29,5°C	28,3°C	25,6°C
UR (ambiente medido)	77,6 % (cozinha)	77,6 % (cozinha)	76,8% (estar/jantar)	78,2 % (estar/jantar)
ambiente	cozinha	cozinha	suíte	suíte
atividade	atividades domésticas	comendo	comendo	comendo
	residência 03		residência 04	
	morador 01	morador 02	morador 01	morador 02
sensação	nem c/ calor, nem c/ frio	levem.c/ calor	levemente com frio	nem c/ calor, nem c/ frio
conforto	confortável	confortável	levem.desconfortável	levem.desconfortável
preferência	assim mesmo	um pouco mais refres.	um pouco mais aquec.	assim mesmo
data	14/01	14/01	11/1	11/1
horário	18:38	18:00	07:20	08:40
TBS	26,5°C	26,7°C	24,4°C	25,6°C
UR (ambiente medido)	88,2 % (quarto filha)	88,2 % (quarto filha)	não medido	não medido
ambiente	quarto	estar/jantar	jantar/cozinha	jantar/cozinha
atividade	assistindo tv	assistindo tv	dormindo	atividades domésticas

De acordo com as respostas, verifica-se que as sensações de conforto relacionaram-se a faixa de temperatura de 25,6°C a 28,3°C, o desconforto por calor a de 29,5°C e ainda é possível verificar a sensação de leve desconforto por frio na residência 04 a uma temperatura de 24,4°C. Desta forma pode-se considerar a validade da temperatura de 26,5°C como limite de conforto proposta por

GONZALEZ et. al (1996) para a cidade e também a tolerância dos moradores em relação a estas características.

Analisando as UR medidas, que conforme a tabela acima, apresentaram variações na faixa de 76 a 88% e a sensação de conforto de alguns moradores; comparando com a tabela 2.1 (ver seção 2.4), verifica-se a rigidez quanto aos índices apresentados, incluindo o de GONZALEZ et. al (1996), que sugere a UR menor que 75%.

Para tanto, conforme já comentado nesta pesquisa é necessário um estudo mais aprofundado levando em consideração outros aspectos como a idade, peso, altura, atividades diárias, condições de saúde, entre outras. O objetivo do questionário utilizado serviu apenas para investigar sensações e preferências momentâneas da população local.

4.5 – Estudo de caso - Consumo de energia elétrica

4.5.1 – Análise do consumo da residência 01

O consumo mensal de energia elétrica de janeiro/2001 a setembro/2002 da residência 01 pode ser verificado no gráfico 4.48. Observa-se que no período de inverno (janeiro a abril) o consumo varia de 300 a 430 kWh, enquanto que no verão (junho a novembro), quando o aumento no consumo é resultado da maior utilização de equipamentos para ventilação e condicionamento do ar, varia de 320 a 760 kWh.

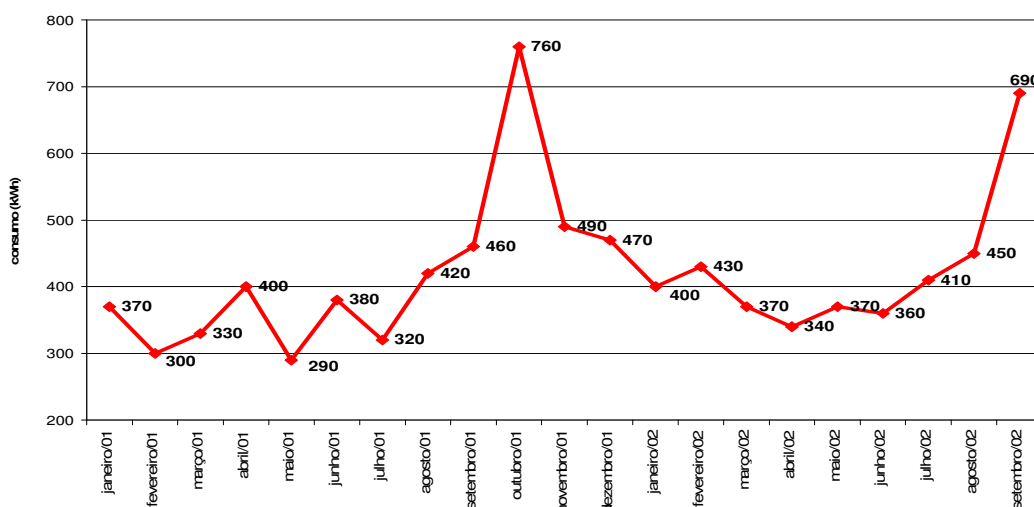


GRÁFICO 4.48 – Histórico de consumo mensal de energia – Residência 01

Quanto aos hábitos de uso dos equipamentos, os moradores desta residência utilizam os equipamentos de ar condicionado apenas na época de verão por um período de 3 horas diárias e somente nos dias de temperaturas extremas. A partir do mês de setembro quando as temperaturas são ainda mais elevadas e é mínima a ocorrência de precipitações, o tempo de utilização destes equipamentos chega a até 6 horas diárias e segundo informações dos moradores, é também indispensável a utilização paralela de ventiladores. Porém, estas não são situações cotidianas desta família, sendo a utilização do ar condicionado em dias esporádicos; observando o gráfico 4.47, ficou bem claro o período em que isto ocorreu - novembro/01 e setembro/02. Este fato teve confirmação dos moradores.

Baseando-se nas respostas do questionário com relação à posse e hábitos de consumo e nas atividades diárias observadas durante as visitas à residência, foram verificadas a maior utilização de equipamentos como: quatro ventiladores, duas geladeiras, três televisores, um telefone sem fio, um bebedouro e eventualmente dois aparelhos de ar condicionado. Foi realizada uma estimativa de consumo mensal da residência conforme os hábitos de utilização dos equipamentos, o que pode ser verificado no apêndice D.

O Consumo por uso final desta residência (Gráfico 4.49) foi estimado baseando-se no consumo dos meses de verão, outubro/01 (760 kWh) e setembro/02 (690 kWh), em que ocorreram temperaturas extremas e que foram utilizados os equipamentos de ar condicionado nos dois dormitórios.

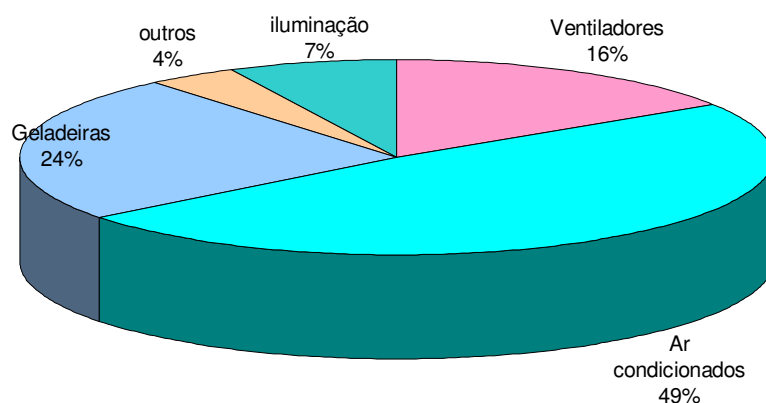


GRÁFICO 4.49 – Consumo e porcentagem estimados dos equipamentos - Residência 01 - Verão

A maior parcela do consumo ficou representada pelos aparelhos de ar condicionado que corresponderam a aproximadamente 49%, as geladeiras a aproximadamente 24% e os ventiladores que têm uso contínuo representaram 16%. Os outros aparelhos (televisores, bebedouro e telefone) ficaram com 4% e a iluminação com 7%.

Para o período de inverno baseou-se no consumo médio do período de janeiro a abril de 2001 (350 kWh) e de 2002 (385 kWh). Conforme o gráfico 4.50 observa-se que os equipamentos que representam a maior parcela destes consumos são as geladeiras, que corresponderam a aproximadamente 54%, seguida da iluminação com 20%. De acordo com os questionários, na residência são utilizadas somente lâmpadas fluorescentes.

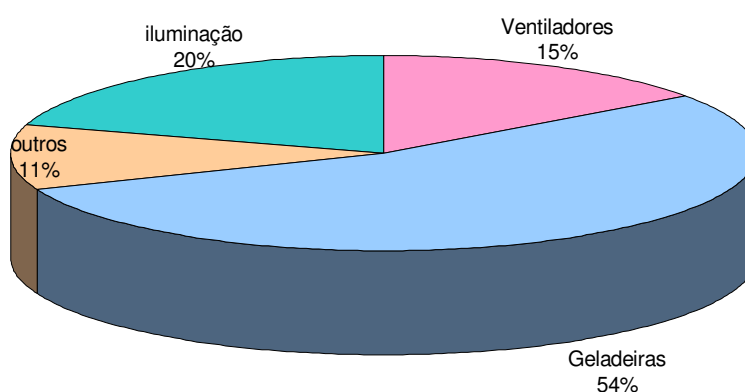


GRÁFICO 4.50 – Consumo e porcentagem estimados dos equipamentos - Residência 01 - Inverno

O tempo de utilização dos equipamentos para ventilação e resfriamento preferidos pelos moradores desta residência pode ser verificado no apêndice D. Relacionando o consumo de energia elétrica e o desempenho térmico desta residência, seria necessária uma maior utilização de equipamentos de ar condicionado e ventiladores para favorecer o conforto térmico interno, o que aumentaria significativamente o consumo mensal aproximando-se da média de consumo dos meses de outubro/01 e setembro/02.

4.5.2 – Análise do consumo da residência 02

O consumo mensal de energia elétrica de junho/2001 a setembro/2002 da residência 02 pode ser verificado no gráfico 4.51, onde observa-se que no período de inverno (janeiro a abril) o consumo varia de 357 a 519 kWh e no verão (junho a novembro) apresenta duas faixas de consumo diferentes para os dois anos, em 2001 variou de 322 a 482 kWh e no ano de 2002 de 508 a 614 kWh.

Segundo informações dos moradores estas diferenças foram explicadas por dois motivos: no primeiro ano como eles haviam recém mudado para a residência, ainda estavam adquirindo novos equipamentos como a lavadora e secadora de roupa, e também em consequência de suas profissões exigirem plantões noturnos, pouco foi utilizado o ar condicionado. Já no segundo ano, os novos equipamentos e a maior frequência dos moradores na residência contribuiu para o aumento significativo do consumo.

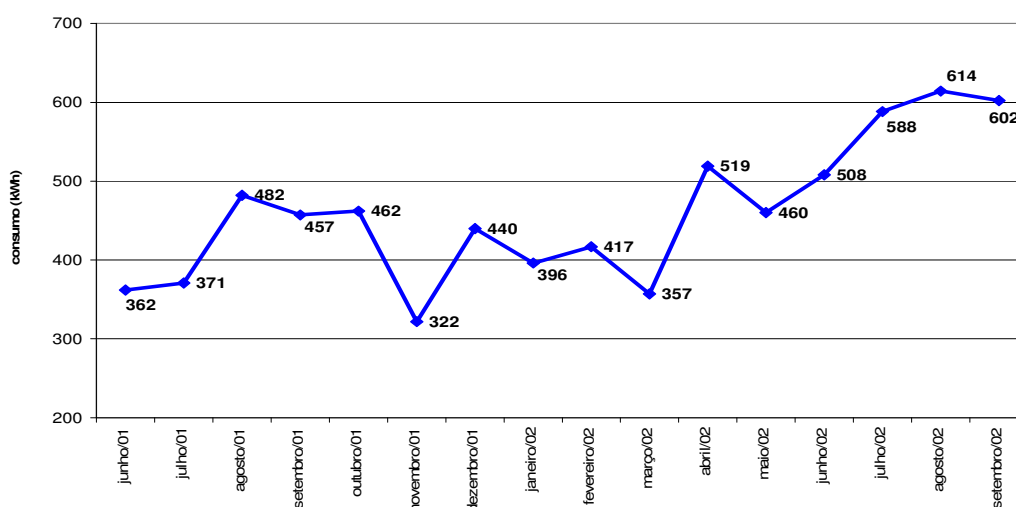


GRÁFICO 4.51 – Histórico de consumo mensal de energia – Residência 02

Quanto aos hábitos de uso dos equipamentos, os moradores desta residência utilizam os equipamentos de ar condicionado tanto no inverno quanto no verão por um período de 8 horas noturnas e eventualmente por aproximadamente 1 hora no período da tarde (após almoço), principalmente na época do verão. Já o chuveiro elétrico tem utilização diferenciada para as duas estações, sendo utilizado no verão apenas pela manhã e no inverno pela manhã e a noite, ambos em potência média.

Baseando-se nas respostas do questionário com relação à posse e hábitos de consumo e nas atividades diárias observadas durante as visitas à residência, foram verificadas a maior utilização de equipamentos como: secadora e lavadora de roupa, ferro de passar, forno de microondas, dois televisores, uma geladeira e um chuveiro elétrico. No gráfico 4.52 observa-se o consumo e a porcentagem estimada dos usos finais destes equipamentos na estação de verão, baseando-se na faturas dos meses de junho a novembro/01.

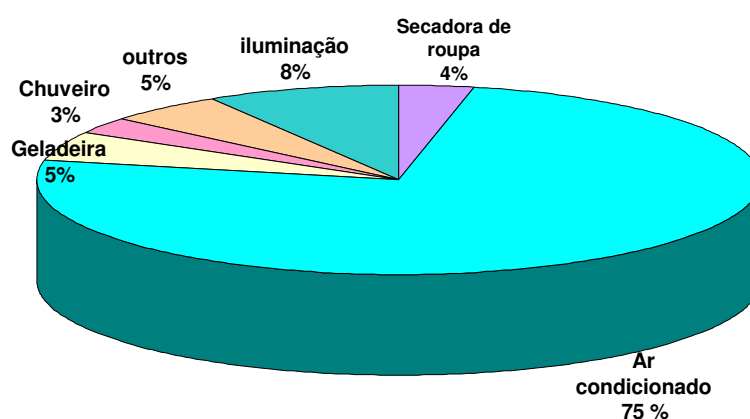


GRÁFICO 4.52 – Usos finais e porcentagem de consumo estimada - residência 02 - Verão

No consumo estimado desta residência o equipamento que representou a maior parcela foi o aparelho de ar condicionado, correspondendo a aproximadamente 75%. Em seguida, verifica-se o consumo com iluminação, o que correspondeu a aproximadamente 8%.

Quanto ao consumo estimado do período de inverno, este foi baseado na média dos meses de janeiro a abril/01 (Gráfico 4.53). Observa-se que o ar condicionado é também nesta época do ano responsável pela maior parcela de consumo, correspondendo a aproximadamente 71% e a iluminação com 8%. Nesta residência, são utilizadas lâmpadas fluorescentes e algumas com refletores dicróicos, no estar e na suíte.

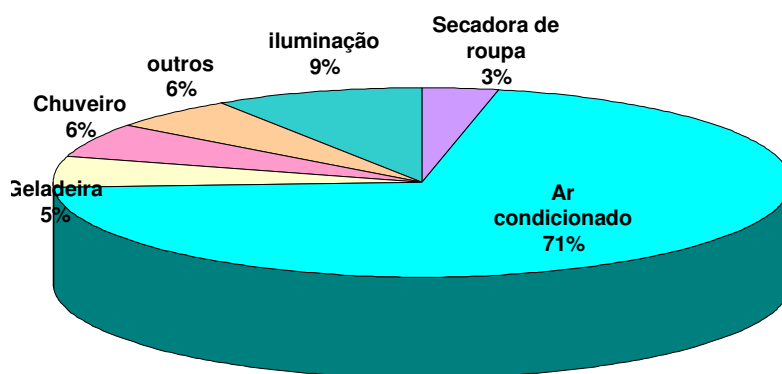


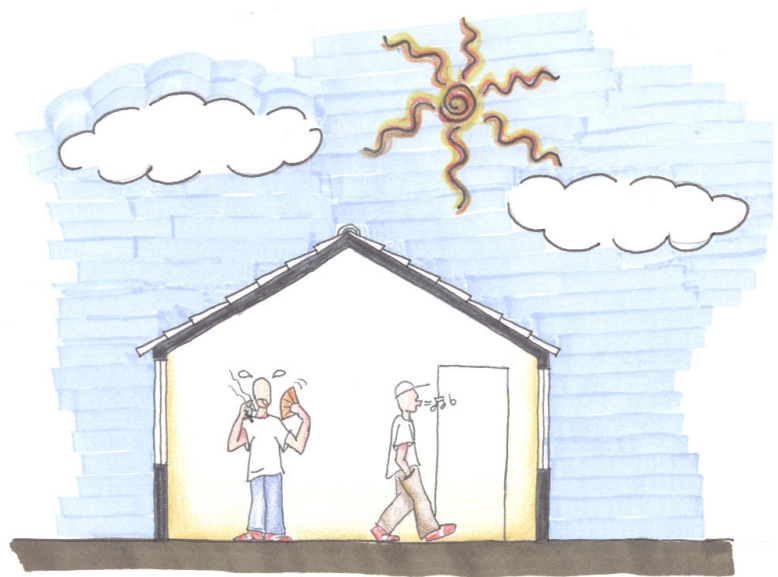
GRÁFICO 4.53 – Consumo e porcentagem estimados dos equipamentos - Residência 02 - Inverno

O tempo de utilização dos equipamentos para ventilação e resfriamento preferidos pelos moradores desta residência pode ser verificado no apêndice E.

Relacionando o consumo de energia elétrica e o desempenho térmico desta residência, a utilização do ar condicionado poderia ser reduzida e a opção por ventiladores seria uma alternativa de economia de energia. Porém, segundo os moradores, eles visam primordialmente o conforto e deixam a economia em segundo plano.

CAPÍTULO 05

CONCLUSÕES



5 – Conclusões

5.1 – Estudo de caso – desempenho térmico

Segundo a análise bioclimática realizada utilizando a carta de Givoni, é recomendável a utilização das estratégias de ventilação natural em 65,2% das horas do ano, a utilização de ar condicionado em 34,1% e o sombreamento durante todo o ano. Porém, a frequência de ventos na cidade é muito baixa e insuficiente para favorecer conforto.

Estes aspectos ficaram mais evidentes após as análises de desempenho térmico das residências escolhidas para monitoramento e dos questionários aplicados aos moradores das mesmas. Desta forma, podemos verificar algumas características e possíveis causas que influenciam no aumento do desconforto interno:

Na residência 01 as TBS internas registraram variações mais elevadas que as externas, em consequência da ausência de isolamento térmico da cobertura; do alto albedo, causado pela grande parcela de reflexões originadas por vários elementos e superfícies brancas existentes na área externa da residência; conseqüentemente também pela ausência de vegetação nesta mesma área e pela orientação oeste da suíte do casal.

Na residência 02 as TBS internas também apresentaram variações elevadas e a ausência de ventilação cruzada foi apontada como a principal causa para o desconforto interno.

Na residência 03, as TBS internas diárias registraram as menores variações em relação às externas e as TBS noturnas apresentaram as maiores. Resultando em dias mais amenos e noites mais quentes, em consequência do isolamento da cobertura proteger durante o dia e a noite liberar o calor armazenado para o interior da residência. Outras causas apontadas, são a vegetação densa na área externa, que influencia desviando parte dos ventos, o que poderia amenizar as altas temperaturas e melhorar o microclima interno; assim como, a ausência de ventilação no escritório devido a um erro de projeto, que não previu aberturas orientadas na direção dos ventos dominantes da cidade.

Na residência 04, as TBS internas apresentaram variações aproximadas das externas. Resultando em dias mais quentes e noites mais amenas ou conforme a

variação diária da temperatura na cidade. Este desconforto interno é influenciado pela pouca resistência térmica das paredes e da cobertura, que não possui isolamento, nem forro. A ausência de qualquer vegetação na área externa também é um fator de influência, pois isto contribuiria para um microclima externo ameno e também interno. Outra causa, seria a proximidade das residências vizinhas, formando uma barreira para a livre circulação dos ventos.

Em geral, o período em que o desconforto interno foi mais evidente é o noturno, quando as residências estão fechadas e conseqüentemente não estão expostas a ventilação; este período preferivelmente deveria ser o mais confortável em virtude da utilização para descanso dos moradores. Porém, há a exceção em relação à residência 04, que apresentou o melhor desempenho térmico durante a noite, pois a pouca resistência térmica de seu envelope faz com que suas temperaturas internas aproximem-se das externas e não armazene calor.

Na residência 03 pode-se observar o desconforto noturno e a eficiência das estratégias de projeto utilizadas somente para o período diurno. Durante o dia a cobertura com isolamento térmico protege os ambientes internos não deixando passar calor, porém à noite ela não perde calor para o meio externo que está mais ameno e gera maior desconforto.

Como sugestões para estratégias de projeto que poderiam ser utilizadas para favorecer o conforto nestas residências e em regiões com as mesmas características climáticas, sugere-se a ventilação e renovação de ar forçada durante o período noturno (Figura 5.1). Este mecanismo deve favorecer a ventilação cruzada, induzindo os ventos para dentro dos ambientes através de uma abertura e por outra, induzindo a saída do ar mais quente e favorecendo as trocas de ar, a salubridade destes ambientes e o conforto térmico de seus moradores.

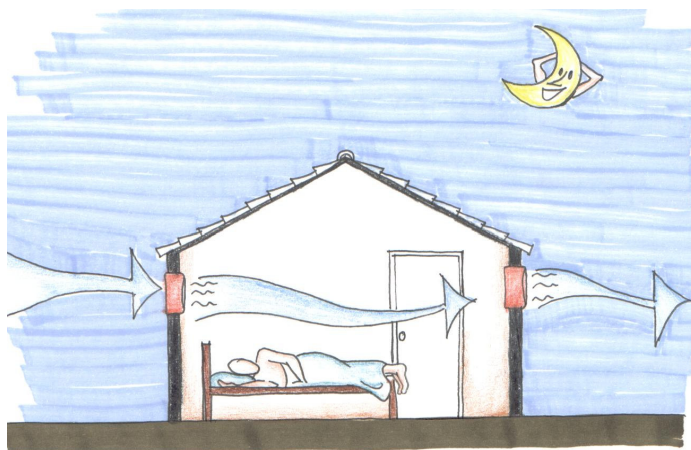


FIGURA 5.1 – Sugestão para ventilação e renovação de ar noturna.

Para as residências 01, 03 e 04, além da ventilação noturna forçada é sugerida a utilização de forros que isolem a cobertura e minimizem a transferência de calor para os ambientes internos durante o dia. No período da noite estes forros são movimentados para a posição vertical, permitindo a perda de calor dos ambientes internos por radiação e convecção para a cobertura, que é resfriada por ondas longas para o céu (Figura 5.2). Uma outra opção, seria a utilização de forros fixos apenas com aberturas nas proximidades das paredes, para favorecer a perda de calor.

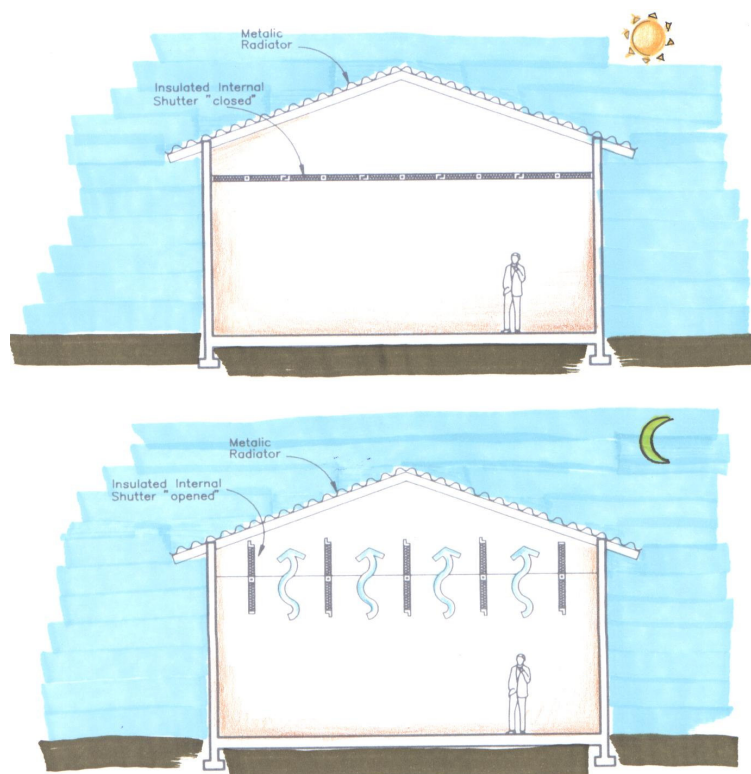


FIGURA 5.2 - Sugestão de isolamento e ventilação da cobertura das residências.

Esta sugestão é baseada nas pesquisas de GIVONI (1994), para regiões de clima quente e úmido e países em desenvolvimento. Não foi sugerida esta estratégia para a residência 02, por se tratar de um apartamento de pé direito medindo aproximadamente 2,70m, o que seria uma solução inviável.

Em relação às análises de umidade relativa do ar, interna e externamente às residências, foi possível verificar que as médias das UR nestes dois meses variaram na faixa de 73 a 89% nas residências medidas e no ambiente externo e de 91 a 94%. O que demonstrou a aproximação em relação a UR média definida pelo INMET para a cidade de Manaus que é de 87% e também ao TRY da cidade que apresentou variação na faixa de 95 a 100%.

Quanto ao desvio padrão das médias das umidades, foram verificados os mais elevados em relação aos dados da residência 04 e do ambiente externo, representando uma maior dispersão em torno de suas médias neste período, em consequência do aumento das amplitudes. O que demonstrou mais uma vez a influência da pouca resistência térmica das paredes e da cobertura da residência, causando uma maior aproximação das variações de UR em relação ao ambiente externo.

5.2 – Estudo de caso – horas de desconforto e desvio médio das temperaturas

As residências 03 e 04 foram as que menos apresentaram horas em desconforto; sendo a 03 favorecida pelas estratégias de projeto utilizadas, tais como: isolamento térmico e ventilação da cobertura, melhores orientações e maiores dimensões das esquadrias, vegetação no entorno, orientações dos ambientes e pé-direito mais alto que o exigido na legislação local.

Já a residência 04, é favorecida pelas características da pouca resistência térmica de seu envelope, o que deixa seu microclima interno com variações de temperaturas e umidade muito próximas do ambiente externo, favorecendo também o menor armazenamento de calor interno.

As residências 01 e 02 apresentaram quase 100% de suas horas em desconforto, com exceção da suíte da residência 02 onde é utilizado ar condicionado.

A 01 apresenta cobertura não ventilada e sem isolamento térmico e ainda seu entorno é desprovido de qualquer vegetação que favoreça o sombreamento, amenize o microclima e diminua o albedo, pois a área externa é composta por elementos cerâmicos na cor clara que aumentam a reflexão solar para a residência. Já a 02 tem a grande quantidade de horas em desconforto conseqüente da falta de ventilação cruzada.

5.3 – Estudo de caso – sensações e preferências térmicas (questionários)

Analizando as respostas dos questionários pertencentes a residência 01, pôde-se observar algumas contradições nas opiniões dos dois moradores entrevistados. Um manifestou insatisfação com a residência, sugerindo por exemplo a utilização de vegetação para amenizar o microclima e o deslocamento da suíte para outro com melhor orientação; já o outro manifestou considerar a residência confortável, porém sugeriu a utilização contínua de ar condicionado.

Quanto à residência 02, os moradores apresentaram satisfação em relação ao conforto térmico interno, porém mesmo assim preferem utilizar o ar condicionado e sugerem ainda, utilizá-lo também no estar/jantar.

Em relação a 03, os moradores mostraram-se satisfeitos com as condições construtivas da residência e a consideram confortável mesmo no verão, porém destacam alguns aspectos negativos como a alta umidade interna e a pouca ventilação no escritório. Para favorecer o conforto, estes moradores frisaram a preferência por ventiladores e somente em dias de calor extremo utilizarem o equipamento de ar condicionado e média por três horas.

Já as respostas dos moradores da residência 04 apresentaram uma grande insatisfação com as características construtivas, alegando não serem adequadas às condições climáticas da cidade.

Verificou-se também que as sensações de conforto no momento das respostas relacionaram-se a faixa de temperatura de 25,6°C a 28,3°C. Já a de desconforto por calor a temperatura de 29,5°C e ainda foi possível verificar a sensação de leve desconforto por frio na residência 04 a uma temperatura de 24,4°C, conforme medições horárias realizadas. Desta forma pode-se considerar a validade da

temperatura de 26,5°C como limite de conforto proposta por GONZALEZ et. al (1996) para a cidade e também a tolerância dos moradores em relação a estas características.

Analisando as UR medidas, que apresentaram variações na faixa de 76 a 88%, e a sensação de conforto de alguns moradores; verifica-se a rigidez quanto aos índices apresentados, incluindo o de GONZALEZ et. al (1996) que sugere a UR menor que 75%.

O objetivo do questionário utilizado serviu apenas para investigar sensações e preferências momentâneas da população local e a satisfação ou não em relação às características construtivas de casa residência. No entanto verificou-se a necessidade de um estudo mais aprofundado, que levasse em consideração aspectos como a idade, o peso, as atividades diárias e o estado de saúde de cada morador, assim como os conceitos e pontos de vista de cada um em relação ao conceito pessoal de conforto.

5.4 – Estudo de caso - consumo de energia

A cidade de Manaus é caracterizada por temperaturas e umidades relativas elevadas e baixas frequências de ventos. Porém, embora estas características sejam constantes ocorrem alterações muitas vezes diárias ou horárias nas condições climáticas locais, em virtude das ocorrências frequentes e imprevisíveis de precipitações, que conseqüentemente alteram o desempenho térmico das edificações e os hábitos de consumo dos equipamentos utilizados para atenuar o desconforto térmico interno.

Neste trabalho não foi possível verificar precisamente o comportamento homogêneo dos moradores das residências em relação ao uso de equipamentos para favorecer a ventilação e o condicionamento interno de ar. Para tanto, é indispensável a análise de variáveis como os hábitos de consumo de cada morador, o que está diretamente ligado à sua cultura e às necessidades de cada residência, o que depende das características dos envelopes. Outro fator relevante é analisar a renda familiar, que é o fator determinante para o consumo e posse dos equipamentos.

Na residência 01 foi possível perceber uma grande preocupação por parte dos moradores em consumir energia de forma eficiente e evitar o desperdício. O que

pode ser notado na preocupação da troca de todas as lâmpadas incandescentes por fluorescentes, na utilização reduzida dos aparelhos de ar condicionado e na preferência por ventiladores.

Porém, na residência 02 esta preocupação não é percebida com tanta evidência, pois apesar da preferência em utilizar apenas lâmpadas fluorescentes, os moradores relatam não preferirem a utilização de ventiladores e não reduzirem o uso dos aparelhos de ar condicionado em qualquer época do ano, levando em consideração apenas obter o máximo de conforto.

Comparando o desempenho térmico e o consumo de energia destas residências verifica-se que no primeiro caso seria necessária uma maior utilização de equipamentos de ar condicionado e ventiladores pra favorecer o conforto térmico interno, o que aumentaria significativamente o consumo mensal. Já no segundo, a utilização do ar condicionado poderia ser reduzida e a opção por ventiladores seria uma alternativa de economia de energia. Isto sem levar em conta as sugestões de projeto já citadas na seção anterior.

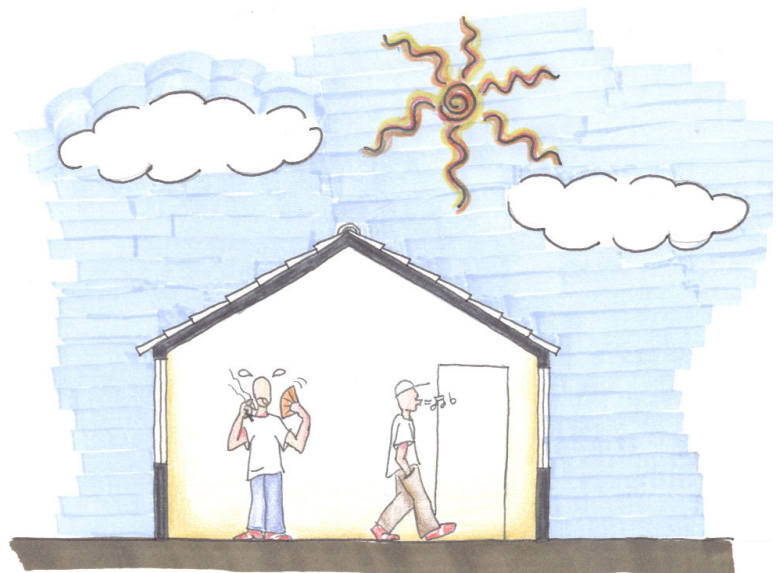
5.3 – Sugestões para trabalhos futuros

Sugere-se para trabalhos posteriores:

- A monitoração da umidade relativa em todos os ambientes das residências, paralela a de temperatura do ar e das velocidades dos ventos, para avaliar suas importâncias e contribuições para o desempenho térmico das residências.
- Simulações computacionais utilizando as sugestões de projeto citadas neste trabalho e/ou materiais com melhores características térmicas para compor os envelopes das residências.
- Análise de sensações e preferências térmicas de uma amostra maior, para que seja possível indicar os limites de conforto para pessoas adaptadas ou tolerantes às características climáticas rígidas semelhantes às de Manaus.

- Estudo mais aprofundado em relação ao tempo de uso de equipamentos e dos consumos finais, para que seja possível traçar um perfil de consumo para edificações residenciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Referências bibliográficas

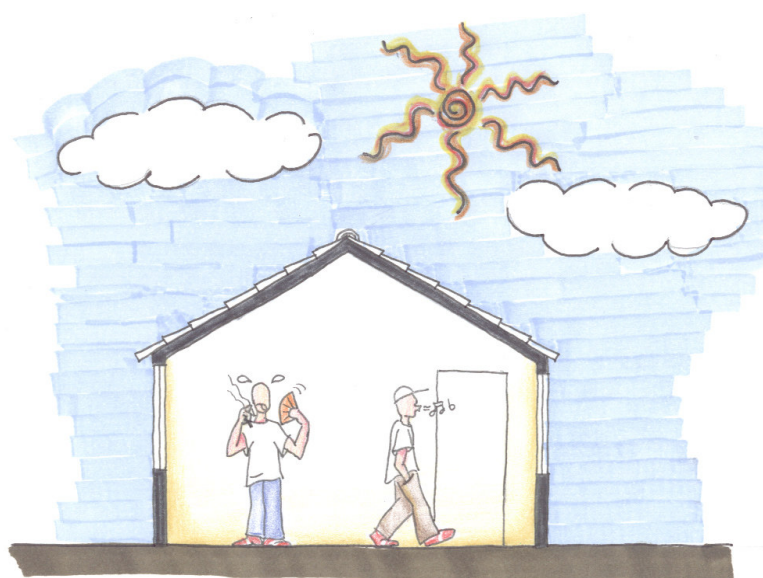
1. AGUIAR, F. E. O., As alterações climáticas em Manaus no século XX. 1995. 182 f. Dissertação de Mestrado – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
2. AHMED, A. Z., Comfort in urban spaces: defining the boundaries of outdoor thermal comfort for the tropical urban environments. In: *Energy and Buildings*, v. 35, 2003, p. 103-110.
3. ANDRADE, S.F. de, Estudos de estratégias bioclimáticas para adequação ao clima de Florianópolis. 1997. 129 f. Dissertação de Mestrado - Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
4. ARAÚJO, V. M. D., Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino - O caso de Natal/RN. 1.ed, Editora Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001, 135 p.
5. ASHRAE (1993). *ASHRAE Handbook – Fundamentals*. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. USA, Atlanta, 1993.
6. BONETTI, J. C., Pressupostos bioclimáticos de conforto térmico para uma **arquitetura dos trópicos úmidos**. 1999. 81 f. Dissertação de Mestrado – Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, Manaus.
7. BLASCO LUCAS, I., HIDALGO, E., GOMEZ, W., ROSÉS, R., Behavioral factors study of residential users which influence the energy consumption. In: *Renewable Energy*, v24, 2001, p. 521-527.
8. BRAVO, G., GONZALÉZ, E., ROFRÍGUEZ, L., OHNARI, K., MORÁN, M., Sensación térmica y confort en condiciones cálidas y húmedas. In: *Conferencia Internacional Sobre Confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones*, 2000, Maracaibo. Anais. Maracaibo: 2000.
9. BRAVO G., GONZALÉZ E., Confort térmico en el trópico húmedo – Experiências de campo en viviendas naturalmente ventiladas. In: *6º Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído*, 2001, São Paulo. Anais. São Paulo: 2001.
10. DIAS, E. M., *A ilusão do fausto – Manaus 1890/1920*. 1.ed. Editora Valer, 1999, 189p.
11. FROTA, A.B., SCHIFFER, S.R., *Manual do conforto térmico*. São Paulo: Studio Nobel, 2000, 243p.

12. GELLER, H. S., O Uso Eficiente da Eletricidade: Uma Estratégia de Desenvolvimento para o Brasil. Rio de Janeiro: INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética, 1991, 223 p.
13. GIVONI, B., Comfort, climate analysis and building design guideline. In: Energy and Buildings, Vol.18, 1992a.
14. _____. Climatic aspects of urban design in tropical regions. In: Atmospheric Environment, Vol. 22b, 1992b, p. 397-406.
15. _____. Passive and low energy cooling of buildings. 1.ed., New York: VNR – Van Nostrand Reinhold, 1994, 263p.
16. _____. Climate considerations in building and urban design. 1.ed., New York: John Wiley & Sons, 1998, 464p.
17. GONZALEZ, E., HINZ, E., OTEIZA P. de, QUIROS, C., Proyecto, Clima e Arquitectura. México: Ediciones G. Gili, S.A. de C.V., Vol.1, 1986, 198p.
18. GONZALEZ, E., BRAVO, G., Toward appropriate comfort temperatures to the hot and humid climatic conditions. In: The 18th conference on passive and low energy architecture (PLEA), Florianópolis. **Proceedings**. Florianópolis: 2001.
19. GOULART, S.V.G., BARBOSA, M.J., PIETROBON C. E., BOGO A., PITTA T., Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico. Relatório interno no. 02/94, NPC: UFSC, 1994, 80 p.
20. GOULART, S.V.G., LAMBERTS, R., FIRMINO, S., Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 Cidades Brasileiras. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997, 345p.
21. HANSEN, A. M. D., Padrões de consumo de energia elétrica em diferentes tipologias de edificações residenciais em Porto Alegre. 2000. 137 f. Dissertação de Mestrado – Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
22. HEYER, L. F., Manaus – Um exemplo de clima urbano em região subequatorial. 1997. 198 f. Tese de Doutorado – Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
23. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais Climatológicas. Disponível em : <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 25 nov. 2002.
24. INSTITUTO DE METROLOGIA. Tabelas de consumo e eficiência energética. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>>. Acesso em: 05 jan. 2003.

25. JANNUZZI, G. M., POMPERMAYER, L.M., Uso residencial de eletricidade nas cidades de Manaus, Porto Velho e Macapá. SNPTEE, Belém 1997. Disponível em <<http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi>> Acesso em: 15 jun. 2002.
26. JANNUZZI, G. M., CARTAXO, E. F., POMPERMAYER, L.M., Padrões de uso de residencial de eletricidade da região Amazônica: Exemplos das zonas urbanas e rurais. Anais. Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica - COBEM. São Paulo, 1999.
27. KOENIGSBERGER, O. H., INGERSOLL, T.G., MAYHWE, A ., SZOKOLAY, S.V., Manual of Tropical Housing and building – Part I: Climatic Design. New York: Longman Inc., 1980.
28. LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F.O.R., Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW Editores, 1997, 188p.
29. MACIEL A . A ., Projeto bioclimático em Brasília: estudo de caso em edifício de escritórios. 2002. 133 f. Dissertação de Mestrado – Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
30. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional/2000. Disponível em <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 25 set. 2001.
31. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional/2002. Disponível em <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 03 fev. 2003.
32. NIMER, E., Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
33. OLGYAY, V., Design with climate - Bioclimatic approach to architecture regionalism. 3.ed., Universidade de Princetown, Nova Jersey, 1973.
34. PAPST (1999), Uso de inércia térmica no clima subtropical. Estudo de caso em Florianópolis – SC. 1999. 180f. Dissertação de Mestrado – Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
35. PAPST, A. L., LAMBERTS, R., Comparação do desempenho térmico de três ambientes residenciais naturalmente ventilados em Florianópolis, sul do Brasil. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2002, Foz do Iguaçu/PR. Anais. Paraná: 2002.
36. POMPERMAYER, M. L., Gerenciamento da Demanda Residencial de Eletricidade: O Caso de Centros Urbanos da Região Amazônica. 2000. 284 f. Tese de Doutorado – Engenharia Mecânica, Universidade de Campinas, São Paulo, Campinas.
37. PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em: < <http://www.eletrobras.gov.br/procel> >. Acesso em 01 nov. 2001.

38. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Projeto de norma 02: 135.07-003: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Estratégias de Condicionamento Térmico Passivo para Habitações de Interesse Social. Departamento de Engenharia Civil, Santa Catarina, 2001.
39. SILVA E.P. et al., Regulamentação Energética e Meio Ambiente: Propostas para a Região Amazônica Isolada. Campinas, SP: NIPE/UNICAMP, 2001, 193p.
40. SOUZA, R. C. R., Planejamento do Suprimento de Eletricidade dos Sistemas Isolados da Região Amazônica: Uma Abordagem Multiobjetiva. 2000. 295 f. Tese de Doutorado - Engenharia Mecânica, Centro de Planejamento de Sistemas, Universidade de Campinas, São Paulo.
41. STAMPER, E., Weather data. In: ASHRAE Journal. February, 1997, p. 47.
42. SZOKOLAY, S.V., Environmental Science Handbook. Lancaster, England: The Construction Press Ltd., 1980. 531 p.
43. TOLMASQUIM M.T., ROSA, L.P., SZKLO, A . S., SCHULER, M.E., DELGADO, M.A. de P., Tendências da Eficiência Elétrica no Brasil: Indicativos de Eficiência **Energética**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, ENERGE, 1998.
44. WATSON, D., LABS, K., Climatic Building Design: Energy-efficient Building Principles and Practice. New York: McGraw-Hill, 1983. 287p.
45. XAVIER, A.A., Condições de Conforto Térmico para Estudantes de 2º Grau na Região de Florianópolis. 1999. 198 f. Dissertação de Mestrado - Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ANEXOS E APÊNDICES



ANEXO A - Balanço de energia elétrica da cidade de Manaus (2000/2001).

ME **Manaus** **Energia**

BALANÇO DE ENERGIA ELÉTRICA
REALIZADO DE 2001 / 2000

REALIZADO DE 2001 / 2000																	
I T E N S	MWh												Variação (01/00) %				
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		Jan a Dez 2001	Part Relat 2001 (%)	Part Relat 2000 (%)	
Lado da Oferta	GERAÇÃO																
	87.182	72.225	66.243	62.971	63.043	38.702	42.253	74.270	109.581	134.272	129.265	107.883	987.890	1.865.854	26,6	52,3	-47,1
	87.182	72.225	66.243	62.971	63.043	38.702	42.253	74.270	109.581	134.272	129.265	107.883	987.890	1.865.854	26,6	52,3	-47,1
	200.701	193.408	241.447	230.298	255.012	238.927	265.764	260.799	207.163	216.390	211.745	204.930	2.726.585	1.703.423	73,4	47,7	60,1
	46.703	36.814	21.481	23.203	23.201	30.830	32.120	34.039	39.144	39.794	35.532	39.193	402.053	431.072	10,8	12,1	-6,7
Lado da Demanda	PERDAS																
	153.999	156.593	219.966	207.096	231.812	208.097	233.644	226.761	168.018	176.596	178.212	165.737	2.324.532	1.272.351	62,6	35,6	82,7
	267.883	265.633	307.690	293.269	318.055	277.629	308.017	335.069	316.744	350.662	341.010	312.813	3.714.475	3.569.277	100,0	100,0	4,1
	72.171	56.831	108.268	82.793	96.382	63.645	100.782	108.454	87.726	107.287	94.628	89.285	1.068.252	1.001.087	100,0	100,0	6,7
	1.848	1.496	1.331	1.267	1.389	835	862	1.776	2.163	3.284	2.246	1.273	19.770	53.523	1,9	5,3	-63,1
Lado da Demanda	SUPRIMENTO																
	3.910	5.286	5.982	3.772	6.457	4.261	4.282	5.029	6.389	9.007	8.413	7.338	70.134	47.178	6,6	4,7	48,7
	66.414	50.048	100.955	77.754	88.537	58.549	95.629	101.650	79.174	94.996	83.968	80.674	978.348	900.386	91,6	89,9	8,7
	1.772	1.732	1.859	2.007	1.954	1.961	1.992	2.008	2.088	2.306	2.175	2.286	24.142	20.113	100,0	100,0	20,0
	213.940	207.070	197.563	208.469	219.719	212.023	205.243	224.608	226.929	241.069	244.207	221.241	2.622.061	2.548.078	100,0	100,0	2,9
Lado da Demanda	MERCADO PRÓPRIO (Fornecimento)																
	68.321	58.877	60.342	66.015	62.471	63.639	60.984	68.834	74.567	73.419	79.243	69.891	806.603	805.267	30,8	31,6	0,2
	71.018	75.118	71.984	72.090	81.090	74.009	74.352	78.017	73.753	85.157	80.073	77.827	914.488	884.059	34,9	34,7	3,4
	39.858	37.629	35.498	38.611	40.576	40.129	37.287	41.732	42.649	45.369	47.883	37.912	485.133	463.266	18,5	18,2	4,7
	486	454	444	447	495	483	465	484	506	517	541	473	5.794	5.489	0,2	0,2	5,5
Lado da Demanda	MERCADO PRÓPRIO (Fornecimento)																
	14.296	13.461	12.726	14.007	15.526	15.482	14.669	17.221	16.887	17.656	17.146	17.023	186.099	172.797	7,1	6,8	7,7
	4.770	6.789	4.326	4.804	4.667	4.688	4.542	4.855	4.705	4.640	4.550	4.685	58.021	56.858	2,2	2,2	2,0
	11.199	10.303	9.382	9.941	12.021	10.253	9.852	10.380	10.617	11.310	12.231	10.953	128.442	118.705	4,9	4,7	8,2
	3.983	4.440	2.861	2.555	2.872	3.339	3.093	3.084	3.246	3.001	2.540	2.477	37.501	41.637	1,4	1,6	-9,9
Lado da Demanda	MERCADO PRÓPRIO (Fornecimento)																
	425	629	439	471	465	468	421	413	366	356	186	198	4.836	4.217	0,2	0,2	14,7
	3.568	3.811	2.422	2.084	2.407	2.871	2.672	2.672	2.880	2.645	2.354	2.280	32.665	37.420	1,2	1,5	-12,7
Indicadores de Consumo	Demanda Máxima do Sistema - kW/h																
	472.300	503.900	555.001	535.000	530.200	513.000	521.000	573.000	576.200	610.000	603.500	542.000	610.000	568.000	7,4	7,4	4,4
	386,9	395,3	413,6	407,3	427,5	385,6	414,0	450,4	439,9	471,3	473,6	420,4	424,0	406,3	406,3	4,4	4,4
	3.619	3.894	3.735	3.995	3.739	3.878	3.923	3.994	4.086	4.002	4.644	4.213	4.644	4.082	4.082	14,3	14,3
	330.793	331.860	334.226	337.051	338.770	339.802	340.441	341.958	343.707	345.628	344.052	344.456	344.456	328.565	328.565	4,8	4,8
Indicadores de Consumo	Nº Consumidores Totais (NCT)																
	298.058	299.194	301.556	304.276	306.014	306.920	307.615	308.983	310.619	311.916	310.813	311.079	311.079	295.767	5,2	5,2	5,2
Indicadores de Consumo	Cons. Médio Total. (kWh/NCT/mês)																
	229	197	200	217	204	207	198	223	240	235	255	225	2.593	2.723	2,723	2,723	-4,8
Indicadores de Consumo	Cons. Médio Total. (kWh/NCT/mês)																
	647	624	591	619	649	624	603	657	660	697	710	642	7.612	7.755	7.755	7.755	-1,8
	43,0	67,5	38,6	43,9	41,0	42,4	39,7	42,2	42,1	40,0	40,7	40,5	42,6	43,8	43,8	43,8	-2,7
	81,9%	78,4%	74,5%	76,1%	80,6%	75,2%	79,5%	78,6%	76,3%	77,3%	77,7%	78%	69,5%	71,5%	71,5%	71,5%	-2,7
	25,1%	21,4%	35,2%	28,2%	30,3%	22,9%	32,7%	32,4%	27,7%	30,6%	27,7%	29%	28,8%	28,0%	28,0%	28,0%	0,5%
0,6%	0,6%	0,4%	0,4%	0,4%	0,3%	0,3%	0,5%	0,7%	0,9%	0,7%	0%	0,5%	1,5%	1,5%	1,5%	0,5%	
Indicadores de Consumo	Transmissão (230 kV)																
	1,4%	2,0%	1,9%	1,3%	2,0%	1,5%	1,4%	1,5%	2,0%	2,6%	2,5%	2%	1,9%	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%
Indicadores de Consumo	Subtransmissão (69 kV)																
	23,1%	18,8%	32,8%	26,5%	27,8%	21,1%	31,0%	30,3%	25,0%	27,1%	24,6%	26%	26,3%	25,2%	25,2%	25,2%	-46,91
Indicadores de Consumo	GW médios (Babina)																
	117	107	89	87	85	54	57	100	152	180	180	145	113	212	212	212	-46,91
	387	395	414	407	427	386	414	450	440	471	474	420	424	406	406	406	4,35

Fontes: Área Comercial, Grupo Rede (DD) e Núcleo de Operação e Controle do Sistema (DT)

APÊNDICE A – “Diário climático”

Mês de janeiro:

- 03/01 - Fim de tarde (17:00) e no começo da tarde mudança no tempo, com mais ventos, formação de chuva.
- 04/01 - Chuva fim da tarde (17:00).
- 05/01 - Chuva fim da tarde (17:00).
- 06/01 - Dia ensolarado.
- 07/01 - Chuva a partir do fim da tarde (17:00). Noite amena ($\pm 27^{\circ}\text{C}/26.3^{\circ}\text{C}$ (22:55)/ 24.4°C (23:36)) - de acordo com o hobo 1567), com ventos.
- 08/01 - Chuva fim da tarde, noite amena.
- 09/01 - Chuvas frontais (fim da tarde e noite quase toda).
- 10/01 - Forte nebulosidade e chuvas no início da tarde (13:00) - 15:00 ainda chovendo.
- 11/01 - Chuva na casa 01 e 05 a tarde ($\pm 15:00 - 16:00$).
- 12/01 - Tempo bom.
- 13/01 - Chuvas esparsas - casa 02, 03 e 04 entre 14:00 e 15:00.
- 14/01 - Chuvas casa 01 entre 14:00 e 14:30.
- 15/01 - Chuva casas 02, 03 e 04 entre 12:00 e 13:30; chuva casa 01 entre 17:30 e 19:00; chuva a noite.
- 16/01 - Manhã - Nublado.
- 17/01 - Manhã - sol. Tarde - chuva a tarde casas 02, 03 e 04. (16:00) - retirada dos hobos da casa 05
- 18/01 - Retirada dos hobos
- 19/01 - Sem hobos
- 20/01 - Sem hobos
- 21/01 - Sem hobos
- 22/01 - Sem hobos
- 23/01 - Recolocação dos hobos - Manhã: tempo nublado $\pm 27^{\circ}\text{C}$, tarde - ensolarada.
- 24/01 - Recolocação dos hobos da casa 04. - Manhã - ensolarada / tarde - ensolarada e muito quente!!
- 25/01 - Recolocação do hobo de umidade na casa 01. Chuva pela manhã (10:00).
- 26/01 - Chuvas a tarde.
- 27/01 - Chuvas a tarde.
- 28/01 - Chuvas pela manhã.
- 29/01 - Manhã ensolarada / Tarde com chuva (14:30).
- 30/01 - Colocação mais um hobo na casa 04, no pavimento superior - escritório. Chuvas esparsas a tarde.
- 31/01 - Chuvas esparsas a tarde - dia muito quente.

Mês de fevereiro:

- 01/02/02 – Manhã - sol / Tarde – sol.
- 02/02/02 – Dia quentíssimo.
- 03/02/02 – Dia bem ameno, noite chuva (7:00)
- 04/02/02 – Manhã amena / chuva fraca.
- 05/02/02 – Manhã amena / chuva fraca a tarde.
- 06/02/02 – Chuvas à tarde (a partir de 14:00)
- 07/02/02 – Chuvas desde a madrugada. Temperatura 26°C – 10:30.
- 08/02/02 – Chuvas fim da tarde até a noite.
- 09/02/02 – Manhã ensolarada/ início da tarde nublado/ ventos/ (troca do hobo de umidade da casa 03 da sala para o escritório)
- 10/02/02 – Manhã amena / chuvisco a tarde.
- 11/02/02 – Manhã - sol / Tarde – sol.
- 12/02/02 – Sol! Dia ensolarado.
- 13/02/02 – Muita chuva desde a madrugada.
- 14/02/02 – Chuvas manhã/tarde/noite.
- 15/02/02 – Chuvas pela manhã e fim da tarde.
- 16/02/02 a 24/02/02 – entrei em recesso!!! Mas, praticamente todos os dias choveram.
- 25/02/02 – Tempo bom, chuva fraca pela manhã.
- 26/02/02 – Sol, chuva fraca à tarde.
- 27/02/02 – Sol, chuva fraca à tarde.
- 28/02/02 – Dia bem ameno, noite chuva.

Mês de março:

- 12/03/02 – Chuva fraca
- 13/03/02 – Sol! Dia ensolarado!
- 14/03/02 – Sem dados
- 15/03/02 – Chuva fraca à tarde.
- 16/03/02 – Chuva fraca à tarde.
- 17/03/02 – Sol! Dia ensolarado!
- 18/03/02 – Muito sol! Dia quentíssimo!
- 19/03/02 – Chuva à tarde (14:00)
- 20/03/02 – Sol o dia todo!
- 21/03/02 – Chuva o dia quase todo.
- 22/03/02 – Nublado pela manhã. Chuva no período de 13:00 até +- 14:30. Restante do dia nublado.
- 23/03/02 – Manhã sol – tarde (16:00) chuvas rápidas.
- 24/03/02 – Dia ensolarado.
- 25/03/02 – Manhã sol / tarde chuva (16:30).
- 26/03/02 – Sem dados
- 27/03/02 – Chuva por volta de 14:30.
- 28/03/02 – Dia ensolarado.
- 29/03/02 – Dia ensolarado.
- 30/03/02 – Dia ensolarado.
- 31/03/02 – Dia ensolarado.

APÊNDICE B – Modelo de questionário para dados de conforto

Este trabalho tem como **objetivo** investigar a influência do projeto arquitetônico da residência, assim como dos materiais e soluções empregadas, sobre as **condições de conforto térmico** dentro de seus ambientes internos.

Desta forma, para que se consiga caracterizar estas condições, **a opinião do usuário é muito importante**, uma vez que é ele que está submetido às condições

E com este objetivo, preparamos um pequeno questionário a fim de conhecer sua **opinião, sensações e preferências** em relação ao conforto térmico de sua residência.

climáticas presentes no ambiente durante a maior parte do tempo.

Contamos com sua valiosa colaboração para desenvolvimento deste trabalho.

Manaus, / / 2002. - Hora:

QUESTIONÁRIO

Em relação a sua **RESIDÊNCIA**:

1. **Você** a considera confortável, em relação ao clima de sua cidade? Por que?.....

.....
.....
.....

2. Para **você**, quais elementos dela (janelas, paredes, vegetação, etc) contribuem ou não para que ela seja confortável de acordo com o clima de sua cidade? Por que?.....

.....
.....

3. O que **você** mudaria nela para deixá-la confortável, de acordo com o clima de sua cidade? Por que?

.....
.....
.....

4. Dentro dela, quais alternativas **você** utiliza para sentir-se confortável?

.....
.....

.....
.....
.....

5. Qual lugar nela **você** acha mais agradável, do ponto de vista climático? Por que?

.....
.....

1. Como **você** está se sentindo neste momento, **dentro de sua residência**?
(marque com um X)

- ☐ Com muito calor
- ☐ Com calor
- ☐ Levemente com calor
- ☐ Nem com calor, nem com frio.
- ☐ Levemente com frio
- ☐ Com frio
- ☐ Com muito frio

2. De que maneira **você** se encontra neste momento, dentro de sua residência?
(marque com um X)

- ☐ Confortável
- ☐ Levemente desconfortável
- ☐ Desconfortável
- ☐ Muito desconfortável

3. Como **você** preferia estar se sentindo agora? (marque com um X)

- ☐ Bem mais aquecido
- ☐ Mais aquecido
- ☐ Um pouco mais aquecido
- ☐ Assim mesmo
- ☐ Um pouco mais refrescado
- ☐ Mais refrescado
- ☐ Bem mais refrescado

4. Como **você** acha que está o clima externo a sua residência, neste momento?
(marque com um X)

- ☐ Muito quente
- ☐ Quente
- ☐ Levemente quente
- ☐ Neutro
- ☐ Levemente frio
- ☐ Frio

5. Em que parte da sua residência **você** está respondendo este questionário?

.....
.....

6. Que atividade estava realizando antes de responder este questionário?

.....

7. O que **você** está vestindo neste momento?
(marque com um X)

- ☐ Camisa de malha
- ☐ Camisa de tecido
- ☐ Camiseta
- ☐ Calça jeans
- ☐ Calça de tecido fino
- ☐ Bermuda
- ☐ Short
- ☐ Saia
- ☐ Vestido
- ☐ Meia soquete
- ☐ Meia fina
- ☐ Cueca
- ☐ Calcinha
- ☐ Soutien
- ☐ Sapato
- ☐ Tênis
- ☐ Sandália
- ☐ Outros

.....

.....

8. Qual seu nome?

.....

9. Qual sua idade?

10. Sexo? F () M ()

11. Qual sua altura?

12. Qual seu peso?

13. Pratica alguma atividade física regularmente? Qual?

.....

Esperamos que o resultado desta pesquisa venha contribuir para identificar as soluções arquitetônicas que possam melhor serem exploradas no sentido de garantir conforto térmico dos usuários em residências na cidade de Manaus. E você usuário, é uma peça chave nessa busca.

Muito obrigada por sua valiosa contribuição.

APÊNDICE C - Modelo de questionário para dados de posse e hábitos de consumo.

Este trabalho tem como objetivo investigar os padrões de uso de alguns aparelhos eletrônicos utilizados em sua residência, sendo alguns responsáveis para obtermos **conforto térmico em nosso tipo de clima**; assim como a influência do projeto arquitetônico da residência, dos materiais e soluções arquitetônicas empregadas, de modo a **garantir conforto térmico** nos ambientes internos de sua residência.

Frente à crise energética, necessita-se de projetos arquitetônicos que propiciem reduzido consumo de energia; e levar em conta as condições climáticas da região, é uma estratégia essencial para satisfazer não apenas nossas exigências de conforto, como também para conceber uma arquitetura mais condizente com nossa realidade.

Desta forma, **a opinião do morador/usuário é muito importante**, uma vez que é ele que está submetido às condições climáticas presentes em sua residência, durante a maior parte do tempo.

Contamos com sua valiosa colaboração para desenvolvimento deste trabalho.

Manaus, / / 2002. - Hora:

QUESTIONÁRIO

Informações pessoais

Nome:

Idade: Escolaridade:

Endereço:

Cidade: Estado:

Informações residenciais

Residência é própria: () sim () não Tipo: () Casa () apartamento

Qual a área de construção aproximada do imóvel?

Quantas pessoas moram na residência?

Tempo de residência:

Esta segunda parte do questionário destina-se a investigar alguns padrões de uso de aparelhos eletrônicos que são utilizados para obter conforto dentro de sua residência e que influenciam de forma significativa no seu consumo final de energia elétrica.

Portanto estas informações devem ser as **mais esclarecedoras possíveis**, para a

Informações sobre Hábitos

Você utiliza ventiladores?

Em que horários?

Na sua opinião, o uso do **ventilador** muda de acordo com os meses do ano?

.....
.....

Em que período do ano você utiliza mais?

Qual a idade do(s) **ventilador(s)**?

Qual tipo do(s) **ventilador(s)**?

Você utiliza chuveiro elétrico?

Em que horários?

Por quanto tempo aproximadamente?

O uso do **chuveiro elétrico** muda de acordo com os **meses do ano**?

.....

Em que período do ano você utiliza mais?

Se você **NÃO** utiliza, qual o motivo?

.....

Você utiliza o ferro de passar?

Quantas vezes por semana?

Por quanto tempo aproximadamente?

Você utiliza o ar condicionado diariamente?

Em que horários?

Na sua opinião, o uso do **ar condicionado** muda de acordo com os meses do ano?

.....
.....

Em que período do ano você mais utiliza?

Qual a idade do(s) **ar condicionado(s)**?

Qual tipo do(s) **ar condicionado(s)**?

Se você **NÃO** utiliza, qual o motivo?

.....

Você o utilizaria mais se a energia fosse mais barata?

.....

Você acha mesmo **necessário** o uso do **ar condicionado** em sua residência? Por que?

.....
.....

.....

Quais **outros aparelhos** que você utiliza em sua **residência** são considerados de grande parcela de contribuição no seu consumo mensal de energia?

.....

Você gostaria de reduzir o seu consumo mensal de energia? O que **você** o faria?.....

.....

HOJE, o que **você** já faz para reduzir seu consumo de energia?

.....

Conhece algum plano de **economia de energia** na sua cidade? Qual?

.....

Tente explicar como é sua **residência** no **verão**?

.....

Como você compararia o **clima interno de sua residência** e o **clima externo** a ela no **verão**? e no **inverno**?.....

.....

Na sua opinião, qual o principal elemento de sua **residência** responsável pela **entrada de calor** para os ambientes internos?

.....

Sua **residência** possui bastante **iluminação natural**?

.....

Você utiliza na maioria, **lâmpadas fluorescentes ou incandescentes**?

.....

Porque **você** utiliza essas lâmpadas?

.....

.....

No projeto arquitetônico de sua **residência** foi utilizado algum critério para se obter **eficiência no consumo de energia** (uso correto de energia, sem desperdícios)? O que?

.....

.....

APÊNDICE D - Estimativa de consumo da residência 01

EQUIPAMENTOS (ESPECIFICAÇÕES)	DATA DE MEDIÇÃO	TEMPO MEDIDO	TENSÃO (V)		CORRENTE (A)		POTÊNCIA (kW)		CONSUMO MEDIDO	TEMPO MÉDIO DE USO	CONSUMO MÉDIO (kWh)	CONSUMO FINAL MENSAL (kWh)	USOS FINAIS (%)	
			min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.					Verão	Inverno
Ventilador 01 (dormit.02) (Arno 16")	2/2/2002	1 hora	119,3	126,6	0,99	1,16	0,078	0,102	0,083	12 horas	0,996	29,88	4,48%	9,07%
Ventilador 02 (cozinha) (Sanyo Electric Fan - 16")	2/2/2002	1 hora	114,2	127,8	0,64	0,71	0,069	0,084	0,079	10 horas	0,79	23,70	3,55%	7,19%
Ventilador 03 (suíte) (Arno 16")	2/4/2002	1 hora	116,2	125,7	1	1,83	0,078	0,153	0,09	8 horas	0,72	21,6	3,24%	6,56%
Ventilador 04 (suíte) (Britânia.16")	2/4/2002	1 hora	122	124,8	0,9	1,05	0,075	0,081	0,075	8 horas	0,6	18	2,70%	5,46%
Ar condicionado 01 (dormit.02) *	20/03/02	1 hora	117,8	121,8	8,76	9,6	1,005	1,122	1,689	3 horas (verão)	5,067	152,01	22,79%	-
Ar condicionado 02 (suíte) *	20/03/02	1 hora	120,7	123,3	11,12	12,33	1,191	1	2,061	3 horas (verão)	6,183	185,49	27,81%	-
Geladeira 01 (philco hitachi - 10 000 btu/s)	2/4/2002	3 horas	105,6	128,4	0,08	22,7	0,005	2,166	0,557	24 horas	4,456	133,68	20,04%	40,57%
Geladeira 02 (Brastemp frost-free)	2/5/2002	8 horas	109,7	128,8	0	13,6	0	1,419	0,398	24 horas	1,194	35,82	5,37%	10,87%
Bebedouro de bomba (bellere)	2/6/2002	8 horas	195,4	212,6	0,02	6,76	0	1,302	0,153	24 horas	0,019	0,57	0,09%	0,17%
Televisão 01 (suíte) (Philips - 29")	2/4/2002	1 hora	121,4	125	0,68	1,5	0,048	0,114	0,076	5 horas	0,38	11,4	1,71%	3,46%
Televisão 02 (estar) (Philips - 29")	2/4/2002	1 hora	121,4	125	0,68	1,5	0,048	0,114	0,076	4 horas	0,304	9,12	1,37%	2,77%
Televisão 03 (dormit.02) (crown - 14" - japan)	2/4/2002	1 hora	214,4	222,2	00,29	00,45	0,030	0,048	0,038	5 horas	0,19	5,7	0,85%	1,73%
Iluminação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	6,00%	12,14%
* verão: menores índices pluviométricos - junho a dezembro												* verão: 666,97 kWh		
** inverno: maiores índices pluviométricos - janeiro a maio												** inverno: 329,47 kWh		

APÊNDICE E - Estimativa de consumo da residência 02

EQUIPAMENTOS ESPECIFICAÇÕES	DATA DE MEDIÇÃO	TEMPO MEDIDO	TENSÃO (V)		CORRENTE (A)		POTÊNCIA (kW)			CONSUMO MEDIDO (kWh)	TEMPO MÉDIO DE USO	CONSUMO MÉDIO (kWh)	CONS.UMO FINAL MENSAL (kWh)	USOS FINAIS (%)	
			min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	nominal					Verão	Inverno
Lavadora de roupa (Brasimp clean - 5kg)	15/02/02	1 ciclo (1 h e 20 min)	129,4	134,3	0	7,81	0	0,975	-	0,114	2 vezes por semana	0,228	0,912	0,20%	0,21%
Secadora de roupa (Continental - 10 kg)	15/02/02	30 min	129,1	133,6	1,93	16,42	0,255	2,142	-	0,627	3 horas por semana	3,762	15,05	3,22%	3,41%
Ar condicionado (Suite)* (Pioneer 12 000 btus)	15/02/02	-	-	-	-	6	-	-	1,3	-	9 horas	11,7	351	74,99%	-
Ar condicionado (Suite)** (Pioneer 12 000 btus)	15/02/02	-	-	-	-	6,0	-	-	1,3	-	8 horas	10,4	312	-	70,79%
Geladeira 01 (Samsung)	16/02/02	24 horas	121,4	129,1	0,01	12,63	0	1,419	-	0,787	24 horas	0,787	23,61	5,04%	5,36%
Televisão (suite) (Philips - 29")	2/4/2002	1 hora	121,4	125	0,68	1,5	0,048	0,114	-	0,076	6 horas		13,68	2,92%	3,10%
Televisão (dormitório 02) (crown - 14" - japan)	2/4/2002	1 hora	214,4	222,2	00,29	0,45	0,030	0,048		0,038	5 horas		5,7	1,22%	1,29%
Ferro de passar a vapor (Black & decker)	2/4/2002	1 hora	212,4	226,9	0,02	4,28	0	1,074	1	0,121	2 horas por semana	0,242	0,97	0,21%	0,22%
Microondas (parasonic family plus)	2/4/2002	1 min.	220,6	225	0,01	9,61	0	1,578	1,55	0,023	5 minutos por dia	0,115	3,45	0,74%	0,78%
Chuveiro elétrico* (Lorenzetti - relax luxo)	-	-	-	-	-	-	-	-	4,4	-	40 min.	-	12,7	2,71%	-
Chuveiro elétrico** (Lorenzetti - relax luxo)	-	-	-	-	-	-	-	-	4,4	-	1 h e 20 min por dia - 2 pessoas	-	25,4	-	5,76%
Iluminação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	por dia - 2 pessoas	-	40	8,55%	9,08%
														* verão:	kWh
														** inverno:	kWh

* verão: menores índices pluviométricos - junho a dezembro

** inverno: maiores índices pluviométricos - janeiro a maio

